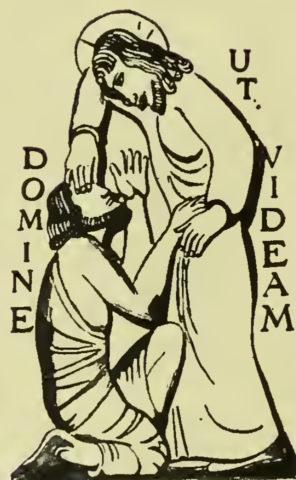

DOMINE
UT
VIDEAM





ATLAS ZUR ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DES MENSCHLICHEN AUGES

VON

LUDWIG BACH
WEIL. PROFESSOR IN MARBURG

UND

R. SEEFELDER
PRIVATDOZENT IN LEIPZIG

MIT 82 FIGUREN IM TEXT UND 50 TAFELN

LEIPZIG UND BERLIN
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1914


INSTITUTE OF OPHTHALMOLOGY
LIBRARY
BATH STREET EC1V 9EL



Inhalt.

Vorwort 3
Augengrube. Augenblase. Von L. BACH 5
Verhalten des Mesoderms zur Augengrube, zur Augenblase und zu den Frühstadien des Augenbechers 8
Umbildung der (primären) Augenblase in den Augenbecher (sekundäre Augenblase der Autoren) 9
Einkerbung des Becherrandes 13
Linse. Von L. BACH 14
Linsennähte und Linsensterne 19
Zonula Zinnii 20
Glaskörpergenese und -struktur. Von L. BACH 22
Die Hornhaut. Von R. SEEFELDER 27
Das embryonale fibrilläre Stützgewebe zwischen Ektoderm und Linse (der sog. vordere Glaskörper) 28
Das Einwachsen der Mesodermzellen in den Raum zwischen Ektoderm und Linse 29
Das weitere Schicksal des embryonalen Stützgewebes und das Descemetsche Endothel . . 32
Die erste Anlage der Pupillarmembran 34
Die Hornhautgrundsubstanz.
I. Das kollagene Gewebe 36
II. Das elastische Gewebe 39
Das Epithel 41
Die Grenzmembranen der Hornhaut.
I. Die Descemetsche Membran 42
II. Die Bowmansche Membran 44
Durchsichtigkeit, Form und Größenzunahme der fötalen Hornhaut 46
Die Iris und das Corpus ciliare. Von R. SEEFELDER 48
Chronologisch geordnete Übersicht über die Entwicklung der Iris und des Corpus ciliare . . 49
Größenzunahme der Iris 54
Das Verhalten der Pupillenweite während der Entwicklung 57
Die spezielle Entwicklung der Iris.
I. Der Musculus Sphinkter 57
II. Der Musculus Dilatator 60
III. Die Verbindung zwischen dem Sphinkter und Dilatator iridis 63
IV. Die Pigmentierung des hinteren Pigmentepithelblattes der Iris 63
V. Der mesodermale Irisanteil 64
Die spezielle Entwicklung des Ziliarkörpers.
I. Processus ciliares 64
II. Der Musculus ciliaris 65
III. Der Orbiculus ciliaris 66
Die Pupillarmembran 67

Die Entwicklung der vorderen Augenkammer und des Gerüstwerks der Kammerbucht 69
Die Sklera. Von R. Seefelder 75
Die Tenonsche Kapsel. Von R. Seefelder 80
Das Blutgefäßsystem des Auges. Von R. Seefelder.
I. Das Gefäßsystem der Arteria hyaloidea.
A. Das primitive Stadium 82
Die Verbindung der Arteria hyaloidea nach hinten 84
Die weitere Entwicklung der Arteria hyaloidea 86
Die Beziehungen des Gefäßsystems der Arteria hyaloidea zu ihrer Umgebung.
A. Innerhalb des Optikusstammes 88
B. Innerhalb des Glaskörperraumes 89
Die Rückbildung der Arteria hyaloidea und ihrer gliösen Hülle 93
II. Die Aderhaut. Von R. Seefelder.
A. Das Gefäßsystem der Aderhaut 97
B. Die Abgrenzung der Aderhaut vom Pigmentepithel. (Entwicklung der Basalmembran) 99
C. Die Lamina elastica und das übrige elastische Gewebe der Aderhaut 100
D. Das kollagene Gewebe der Aderhaut 103
E. Die Pigmentzellen (Chromatophoren) der Chorioidea 103
III. Das Gefäßsystem des Sehnerven und der Netzhaut. Von R. Seefelder 104
Die Netzhaut. Von R. Seefelder 108
A. Das reine Epithelstadium der Netzhaut 108
B. Das Stadium der Randschleierentwicklung 109
Die Zellen des Randschleiers (sogen. ektodermale Glaskörperzellen) 110
Die Entwicklung der Ganglienzellen und der Nervenfaserschicht 112
Über die Entwicklung der beiden Körnerschichten und der beiden plexiformen Schichten nebst Bemerkungen über die weitere Vermehrung der Netzhautzellen 116
Die Entwicklung der Area und Fovea centralis retinae 120
Die Entwicklung der Zapfen und Stäbchen 122
Die Pars cœca sive ciliaris retinae 125
Der Sehnerv. Von R. Seefelder 125
Das Epithelstadium 126
Das Stadium der Randschleierentwicklung.
Die Bildung der Stiel-(Optikus-)rinne 127
Das Stadium der Nervenfaserentwicklung 129
Die Umwandlung des hohlen in den soliden Sehnerven 133
Das Verhalten des Sehnerven bis zur Entwicklung der mesodermalen Stützsubstanz.
Die Teilung der Stiel- bzw. Gliazellen 134
Die Glia des Sehnerven 136
Das mesodermale Gewebe des Sehnerven einschl. der Optikusscheiden 137
Die Entstehung der physiologischen Exkavation des Sehnerveneintritts 138
Veränderungen der Dicke, Länge und Form des Sehnerven 140
Die Markscheidenbildung des Sehnerven 140
Das Pigmentepithel. Von R. Seefelder 143
Die Vermehrung der Pigmentepithelien 146

ATLAS ZUR ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DES MENSCHLICHEN AUGES

VON

LUDWIG BACH
PROFESSOR IN MARBURG

UND

R. SEEFELDER
PRIVATDOZENT IN LEIPZIG

1. LIEFERUNG

MIT 24 FIGUREN IM TEXT UND TAFEL I—XV

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1911


INSTITUTE OF OPHTHALMOLOGY
LIBRARY
BATH STREET EC1V 9EL

VORWORT.

Die Darstellung der Entwicklungsvorgänge des menschlichen Auges war bislang keine einheitliche, insofern als sie sich besonders bei den jüngeren Entwicklungsstadien großenteils auf Befunde bei Säugetieren, speziell bei dem Kaninchen aufbaute.

Zu diesem Mangel an Einheitlichkeit trat störend der Umstand hinzu, daß das zugrunde liegende menschliche Material auch an Qualität vielfach sehr zu wünschen übrig ließ.

Der Grund hierfür liegt wesentlich in der Schwierigkeit der Beschaffung völlig frischen, nach jeder Richtung einwandfreien menschlichen Materials.

Selbst jahrelang andauernder Sammeleifer läßt den einzelnen Forscher wohl kaum in den Besitz von tadellosen Präparaten aller Stadien der Entwicklung des Menschenauges kommen.

Trotz Erscheinen des Werkes von O. LANGE: »Einblicke in die embryonale Anatomie und Entwicklung des Menschenauges«, Wiesbaden 1908, wurde der Plan, einen Atlas zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges herauszugeben, den der eine von uns schon vorher gefaßt hatte, nicht fallen gelassen, da wir über ein reichhaltigeres und in bezug auf Konservierung großenteils besseres Material als LANGE verfügten.

Die Basis für unser Vorhaben war durch das in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellte Material des Marburger, Gießener und Leipziger anatomischen Instituts (Geheimrat GASSER, STRAHL und RABL) sowie durch eigene, in der Hauptsache im Besitze SEEFELDERS befindliche Präparate geschaffen.

Um noch diese und jene Lücke ausfüllen, um weniger gute Präparate durch einwandfreie ersetzen zu können, wandten wir uns an eine Reihe von Kollegen, deren Interesse für entwicklungsgeschichtliche Studien wir kannten, mit der Bitte um Unterstützung.

Diese Bemühungen waren von so reichem Erfolge gekrönt, daß wir nicht nur eine Anzahl eigener Präparate durch bessere ersetzen konnten, sondern auch fast alle bestehenden Lücken auszufüllen vermochten.

Unser Plan wurde durch Zuwendung von Präparaten gefördert von den Herren: Prof. BRAUS, Geheimrat HERTWIG, Prof. HILDEBRAND, Prof. KALLIUS, Prof. ERIK MÜLLER, Geheimrat PFANNENSTIEL, Dr. REUTER, Prof. STÖHR; durch Zusendung von Material durch die Herren: Dr. BARTH, Prof. G. BURKHARD, Dr. BRANDT, Dr. HAUN, Prof. HOCHSTETTER,

Dr. LESSE, Dr. MÖGLICH, Dr. NEBEL, Prof. OPITZ, Prof. RIELÄNDER, Prof. SOBOTTA, Prof. WALDHARDT. Allen diesen Herren sprechen wir unsern verbindlichsten Dank aus.

Ganz besonderen Dank schulden wir Herrn Professor Dr. ROBERT MEYER, der uns sein außerordentlich reichhaltiges Material in uneigennützigster Weise zur Verfügung stellte sowie Herrn Geheimrat E. GASSER, der uns weitgehendst mit Rat und Tat unterstützte.

Es bestand nicht von vornherein bei uns die Absicht, den »Atlas zur Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges« gemeinsam herauszugeben. Wir »fanden« uns bei unsern Bemühungen, ein möglichst reichhaltiges Material für unser Vorhaben zu sammeln.

Der Bearbeitungsplan, nach dem die Darstellung der Entwicklung des Auges in den ersten vier Monaten BACH, die vom fünften Monat ab SEEFELDER zufiel, hatte im wesentlichen äußere Gründe.

Die spezielle Bearbeitung der Vorgänge bei der Entwicklung der Augenblase, des Augenbechers, der Linse, des Glaskörpers, der Zonula Zinnii, der Hornhaut und Lederhaut fiel BACH, die Bearbeitung der Entwicklung des Sehnerven, der Netzhaut, des Uvealtractus und des Kammerwinkels fiel SEEFELDER zu.

Wir haben uns absichtlich beschränkt auf die Bearbeitung der Entwicklung des Augapfels und sind uns bewußt, daß wir auch diese, trotz der vielfachen und reichen Unterstützung nicht nach jeder Richtung erschöpfend zur Darstellung bringen konnten.

Es wird unser Bestreben sein, in Zukunft noch Lücken nach Möglichkeit auszufüllen, auch hoffen wir im Interesse der von uns in Angriff genommenen Materie anderen Autoren nach dieser und jener Richtung Anregung zu geben.

Die Tafeln I—XIV und einige der späteren sind von dem wissenschaftlichen Zeichner Herrn A. KIRCHNER in Leipzig mit peinlichster Gewissenhaftigkeit und vollem Sachverständnis hergestellt. Leider starb dieser strebsame und hochbegabte Künstler mitten in dieser Arbeit. Wir werden ihm stets ein dankbares und ehrenvolles Andenken bewahren. An KIRCHNERS Stelle traten die Zeichner A. FIEDLER in Leipzig und W. FREYTAG in Würzburg.

Außer den genannten Zeichnern schulden wir der Verlagsbuchhandlung für die hervorragende Ausstattung des Werkes großen Dank.

Ganz besonders sind wir der Marburger medizinischen Fakultät für die Bewilligung reichlicher Mittel aus der Stiftung der Gräfin BOSE sowie dem Kuratorium der Albrechtstiftung der Universität Leipzig für die Überweisung einer größeren Summe verpflichtet, da uns durch diese Spende die Herausgabe des Werkes in dem vorliegenden Umfange ermöglicht wurde.

Marburg, Leipzig im Januar 1911.

L. BACH. R. SEEFELDER.

Augengrube. Augenblase.

Während bei den Wirbellosen alle Sinnesorgane, bei den Wirbeltieren Nase und Ohr ihren Ursprung direkt aus dem Ektoderm fernab von der Anlage des Zentralnervensystems, dem Medullarrohre, nehmen und mit diesem erst sekundär in Verbindung treten, entwickelt sich im Gegensatz dazu beim Menschen und den Wirbeltieren die Augenanlage unmittelbar aus der Anlage des Gehirns durch Abschnürung eines Teiles desselben.

Jedoch nicht alle Teile des fertig gebildeten Augapfels gehen aus der Gehirnanlage hervor, sondern nur der spezifisch differenzierte Teil des Auges: die Netzhaut. Diese entsteht schon zu einer sehr frühen Zeit, wo das Medullarrohr noch offen ist.

Die allererste Anlage der Netzhaut stellt sich als eine Vertiefung der Medullarplatte dar und wird nach der Analogie mit der Riech- und Gehörgrube als Augen- oder Sehgrube (Foveola optica) bezeichnet.

Der Embryo Pfannenstiel III (K.N.T.*) 6, — das jüngste bis jetzt bekannt gewordene Stadium der menschlichen Augenanlage — zeigt uns auf Querschnitten durch den Embryo (Tafel I, Fig. 1) die Augenanlage als einen »handschuhfingerartig verjüngten Blindsack« (FRORIEP). (Siehe den Embryo in Ventralansicht bei der Erklärung der Tafel I, Fig. 1.)

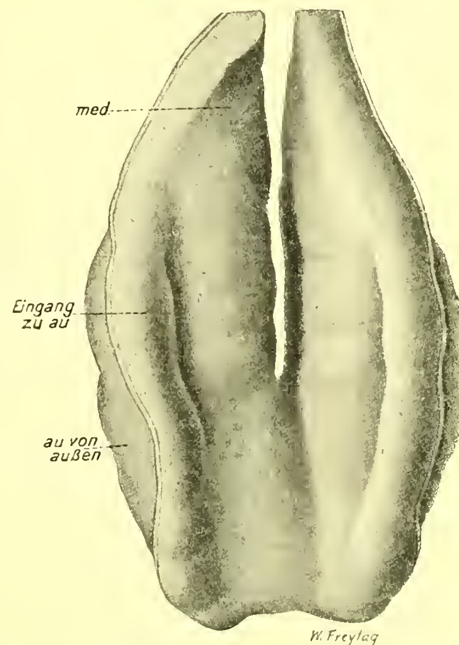


Fig. 1. Kopfende des 2,6 mm langen Embryo Pfannenstiel III von vorn gesehen. *au* = Augengrube, *med* = Medullarrohr.

An dem nebenstehenden (Textfigur 1) Modell (Ansicht des Kopfendes von vorn gesehen wie in der eben erwähnten Figur), das GASSER und VEIT jun. meiner Bitte entsprechend angefertigt haben, stellt sich die Augenanlage des Embryo Pfannenstiel III als eine ziemlich weit dorsal liegende, relativ lang sich hinziehende, muldenförmige Ausstülpung der Medullar-

*) K.N.T. = Normentafeln zur Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere von F. KEIBEL. G. FISCHER, Jena.

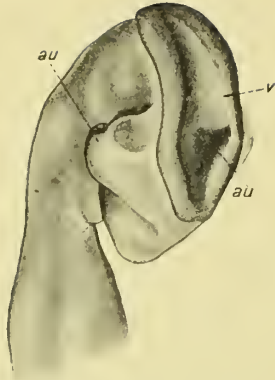


Fig. 2. Modell der Hirn- und Augenanlage des ungefähr 3 Wochen alten, 3—3,5 mm langen Embryo Bremer von unten gesehen. *au* = Augengrube, *v* = Vorderhirn.

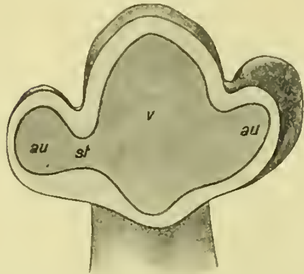


Fig. 3. Modell der Gehirn- und Augenanlage des 4 mm langen Embryo Gasser-Strahl. Taf. II, Fig. 1 und 2 von vorn gesehen. Bezeichnung wie Taf. II, Fig. 1. Die vordere Wand ist abgetragen.

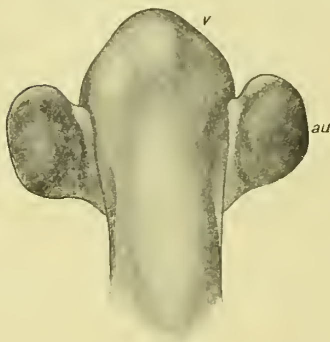


Fig. 4. Dasselbe Modell wie in Fig. 3 von hinten gesehen. Beide Modelle sind im Besitz des Marburger anatomischen Institutes. Bezeichnung wie Taf. II, Fig. 1.

platte dar. Die zunächst auffallende lange Ausdehnung der Augenanlage wird ihres auffälligen Charakters etwas entkleidet, wenn wir sie vergleichen mit der auf Tafel III, Fig. 4*a—h* und Fig. 7*a—l* dargestellten ähnlich länglichen Linsengrube.

Entsprechend der im Schnitte (Tafel I, Fig. 1) ventrolateralwärts hervortretenden konvexen Wölbung der Wand der Augengrube, gewahren wir im Modell bereits eine Vorwölbung an der Seitenfläche des Vorderkopfes. (Textfig. 1, S. 5, *au* von außen.)

Gemäß der mächtigen Entfaltung der vorderen Hirnanlage überhaupt geht auch das Wachstum der Augenanlage sehr rasch vor sich.

Schon bald nach der Ausbildung der Augengrube richten sich die lateralen Enden der Medullarplatte dorsal auf, streben der Medianlinie zu (Tafel I, Fig. 2) und verwachsen schließlich in ihr (Tafel I, Fig. 3—7).

Mit dem Vorrücken der lateralen Enden der Medullarplatte nach der Medianlinie bekommen die Sehgruben zunächst eine rein laterale und dann eine etwas dorsolaterale Richtung. Gleichzeitig rücken sie von der dorsalen freien Oberfläche ab (Tafel I, Fig. 2—7).

Diese Verschiebung der Augenanlage von der dorsalen an die seitliche Fläche der Medullarplatte findet bei den Wirbellosen nicht statt. In ihr sei die Erklärung für die entgegengesetzte Anordnung der Netzhautelemente bei den Wirbellosen einerseits, bei den Wirbeltieren andererseits gegeben (Lange).

Sehr rasch tritt eine Vergrößerung der Augenanlage ein, indem sie zugleich aus der langgestreckten Form in die einer kugeligen Vorwölbung übergeht. Den Anfang dieser Vorwölbung sehen wir schon in dem Modell des Embryo Pfannenstiel (Textfig. 1), wesentlich deutlicher tritt sie in dem Modell des Embryo Bremer (Textfig. 2 und Tafel I, Fig. 2) hervor. Recht beträchtlich ist die Vorwölbung bereits bei dem 4 mm langen Embryo der Textfig. 3 und 4, von dem wir Schnitte durch den Vorderkopf auf Tafel II, Fig. 1 und 2 finden.

In diesem Stadium der Entwicklung wird die Augenanlage Augenblase (Vesicula optica) genannt.

Für den Hohlraum der Augenblase ist die Bezeichnung: »Sehventrikel« üblich.

Der Sehventrikel steht in breiter Kommunikation mit dem Hohlraum der Gehirnanlage (Tafel I, Fig. 3, 4, 7; Tafel II, Fig. 1—5; Tafel III, Fig. 2, 3, 5; Textfig. 3).

Die Wandungen der Augenblase gehen in die Wandungen der Hirnanlage über, ohne daß es möglich wäre, zu dieser Zeit der Entwicklung eine bestimmte Grenze zwischen beiden anzugeben.

Bald verschmälert sich der Verbindungsteil des Sehventrikels mit dem Hohlraum der Hirnanlage und es kommt damit zur Ausbildung des sog. Augenblasen- oder Sehstiels (Tafel II, Fig. 3—6; Tafel III, Fig. 2, 3, 5; Textfig. 3).

Kurze Zeit nach dem Schlusse des Medullarrohres springt die an die Vorderhirnanlage dorsal angrenzende Wand der Augenblase gegen den Sehventrikel stärker vor und ist an dieser dorsal eingebuchteten Stelle von einer breiten Mesodermschicht überlagert. Die ventrale Wand der Augenblase behält ihren ziemlich gestreckten Verlauf bei (Tafel I, Fig. 3, 4; Textfig. 3).

Noch deutlicher treten diese Verhältnisse auf Tafel II, Fig. 1—7 und Tafel III, Fig. 1—3 und 5, 6 hervor.

Während auf Tafel I, Fig. 3—8 die Wand der Augenblase von gleichmäßiger Stärke und Struktur ist, fängt von Tafel II, Fig. 3 ab die distale Wand an, dicker zu werden und etwas andere Strukturverhältnisse darzubieten. Näheres darüber ist in dem Kapitel: »Entwicklung der Netzhaut« nachzusehen.

Auf Tafel I, Fig. 1—4, sowie auf Tafel II, Fig. 1 und 2 stellt sich die Augenanlage in Sack- und Ampullenform dar, auf Tafel II, Fig. 4—7 hat sie die Form eines Vierecks mit abgerundeten Kanten angenommen, dessen eine Seite größtenteils fehlt: die Stelle der breiten Kommunikation der Augenblase mit dem Hirnventrikel.

Nicht unerwähnt möchte ich die Tatsache lassen, daß die in den Augenblasenwänden vorhandenen Kernteilungsfiguren sämtlich nahe der den Sehventrikel begrenzenden Wand liegen (Tafel II und III).

Verhalten des Mesoderms zur Augengrube, zur Augenblase und zu den Frühstadien des Augenbechers.

Auf Tafel I, Fig. 1 stehen die Wand der Augengrube und die über ihr liegende Epidermis noch in unmittelbarer Berührung.

Auf Tafel I, Fig. 2 ist diese Berührung der Wand der Augengrube mit der Epidermis aufgehoben und ein schmaler Streifen Mesoderm zwischen beiden Wänden vorhanden.

Auf Tafel I, Fig. 3—6 ist die zwischen Wand der Augenblase und dem Ektoderm befindliche Mesodermschicht wesentlich breiter geworden.

Das Vorhandensein einer Mesodermschicht zwischen Ektoderm und Augenblase stellt eine Eigentümlichkeit nicht nur des menschlichen Auges, sondern des Säugetierauges überhaupt dar.

Während bei einigen speziell auf diesen Punkt untersuchten Säugetieren nach Schluß des Medullarrohres die Augenblase zunächst nur in einem ventrokaudalen Sektor ihres Umfanges mit dem Kopfmesoderm in Berührung steht, dagegen der lateral gewendete Grund, wie auch die orale und dorsale Wand dem Ektoderm in inniger Berührung anliegen (FRORIEP), sehen wir beim Menschen schon vor Schluß des Medullarrohres und noch mehr nach Schluß desselben überall die Augenanlage vom Mesoderm umgeben.

Auch während der Linsenplattenbildung (Tafel II, Fig. 3—7), ja auch im Stadium der Linsengrubenbildung (Tafel III) besteht bei den mir vorliegenden menschlichen Embryonen kein vom Mesoderm freier Kontaktbezirk zwischen Linsengrube und distaler Wand der Augenblase.

Im Stadium der Linsensäckchen bis Linsenbläschenbildung ist eine stärkere Mesodermlage zwischen Linse und Augenbecher in meinen Präparaten nicht festzustellen, vereinzelte Mesodermzellen in der Umgebung der Linse fehlen aber auch hier nicht. Sie haben z. T. ein »amöboides Aussehen« angenommen (Tafel II, Fig. 8; Tafel IV, Fig. 1—7; Tafel V, Fig. 1, 3—7a; Tafel VI, Fig. 1—3a).

Das vorstehend geschilderte Verhalten des Mesoderms ist um so auffälliger, als in der Berührung der Augenblase mit dem Ektoderm nach den Erfahrungen der vergleichenden wie der experimentellen Entwicklungslehre ein morphogenetisches Moment von fundamentaler Bedeutung vorliegen soll (FRORIEP).

Auf Tafel II, Fig. *2a*, *4a* und *7a* sehen wir die zwischen Ektoderm und distaler Wand der Augenblase liegende Mesodermschicht bei starker Vergrößerung dargestellt. Diese

Figuren zeigen uns auch das Vorhandensein der LENHOSSÉKschen Basalkegel an der Innenfläche des in Fig. 2*a* sich eben zur Linsenplatte umbildenden, in Fig. 4*a* und 7*a* bereits umgebildeten Ektoderms. Die Basalkegel treten mit den Mesodermzellen und der gegenüberliegenden distalen Wand der Augenblase durch protoplasmatische Ausläufer in Beziehung. Es entsteht dadurch ein Netzwerk von Protoplasmafäden, das besonders schön durch die Fig. 4*a* und 7*a* veranschaulicht wird.

Umbildung der (primären) Augenblase in den Augenbecher (sekundäre Augenblase der Autoren).

Die (primäre) Augenblase ist bei Embryonen von 3 mm Körperlänge, also Mitte der dritten Woche ausgebildet. (Tafel I, Fig. 3—8.) Ihr Bestand ist nur von kurzer Dauer, denn schon bei Embryonen von 5 mm Körperlänge, Anfang der vierten Woche des Embryonallebens, beginnt aus ihr sich der Augenbecher zu entwickeln (Tafel III, Fig. 1, 2, 5 und 6, Textfig. 5).

Die Bildung des Augenbechers erfolgt in der Weise, daß die distale Wand der Augenblase sich konvex in den Hohlraum der Augenblase vorschiebt und dabei an Dicke zunimmt (Tafel II, Fig. 5—7; Tafel III, Fig. 1, 2, 5, 6; Tafel IV, V und VI).

Mit der Einwärtswendung der distalen Wand der Augenblase bildet sich die Grenzzone der distalen und proximalen Wand der Augenblase mehr und mehr zu einem scharfen Rand, dem Augenbecherrand, aus (Tafel III, Fig. 6; Tafel IV, Fig. 1—6; Tafel V, Fig. 7; Tafel VI, Fig. 2 und 3; Tafel VIII, IX, X und ff.).

Der Anfang der Linsenbildung fällt zeitlich nahezu mit dem Beginn der Bildung des Augenbechers zusammen und zwar schiebt sich die Linsenanlage in den durch Zurückweichen der distalen Augenwand frei gewordenen Raum ein (Tafel III, IV, V). Dennoch bilden sich Augenbecher und Linse völlig unabhängig voneinander.

Verhindert man experimentell die Bildung der Linse, so kommt es trotzdem zur Umbildung der Augenblase in den Augenbecher.

Ziemlich gleichzeitig mit dem Abrücken der distalen Augenblasenwand von der Körperoberfläche bildet sich im mittleren Bereich der ventralen Augenblasenwand vom Augenbecherrand bis zum Sehstiel eine Einsenkung der Augenblase. Modell Textfig. 5.

Aus dieser zunächst seichten Vertiefung des mittleren Teiles der ventralen Augenblasenwand entwickelt sich rasch ein tiefer Spalt, die sog. Augenbecherspalte, Modell Textfig. 6.

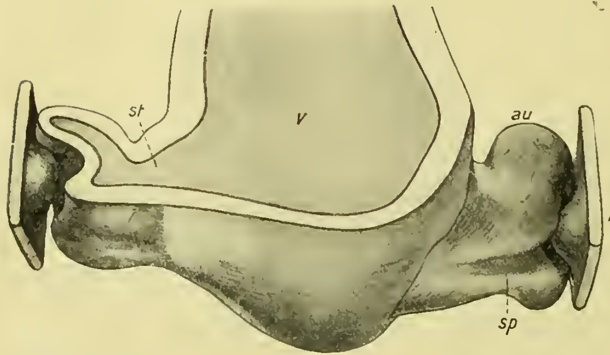


Fig. 5. Modell der Hirn- und Augenbecheranlage des 6,75 mm langen Embryo Gasser-Strahl. Taf. III, Fig. 5—7 *l*. *au* = Augenbecher, *l* = Linsenplatte, *st* = Sehstiel, *v* = Vorderhirn.



Fig. 6. Im Besitze Hochstetters befindliches Modell eines 7 mm langen Embryo (E. Ch_1).

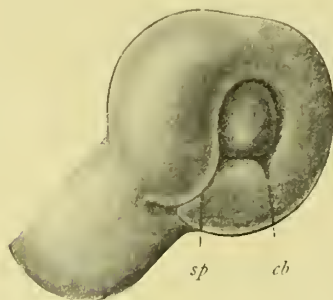


Fig. 7. Rechter Augenbecher eines etwa 4 Wochen alten menschlichen Embryo. 100 fache Vergrößerung. *sp* Augenbecherspalte in der Mitte geschlossen, vorn und hinten noch klaffend. *cb* Colobom des Becherrandes. Frei nach v. Szily, Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde., XLV. Beilagenheft, S. 206, Fig. 4.



Fig. 8. Im Besitze Hochstetters befindliches Modell eines 11,25 mm langes Embryo (E. P_1).

Der Spalt bleibt am Sehstiel, der selbst an seinem distalen Ende eine ventrale Eindellung besitzt (Tafel XII, Fig. 4 und 5), seichter als in seinem peripheren Abschnitt. Gleichzeitig mit der

Vertiefung der Augenbecherspalte findet unter stetiger Vergrößerung des Umfanges des ganzen Augenbechers auch eine Änderung der Form des Augenbecherspaltes statt, indem die Spaltränder sich nähern und zwar erfolgt die Annäherung in der Mitte rascher als vorn und hinten, woraus eine Divergenz der vorderen und hinteren Spaltränder resultiert, Modell Textfig. 6.

In der Textfig. 7 berühren sich bereits die Spaltränder in der Mitte, während die Spalte vorn und hinten noch klafft. — Die Tatsache, daß die Augenbecherspalte sich regelmäßig zunächst in der Mitte schließt (Tafel IV, Fig. 4; Tafel VIII, Fig. 3, 4, 7 und Tafel XII), ist durch die Untersuchungen von v. SZILY und SEEFELDER zuerst bekannt geworden. Von der Mitte schreitet der Verschluß ziemlich gleichmäßig zum Becherrand und zum Sehstiel fort. An letzterem erfolgt er am spätesten (Tafel XI).

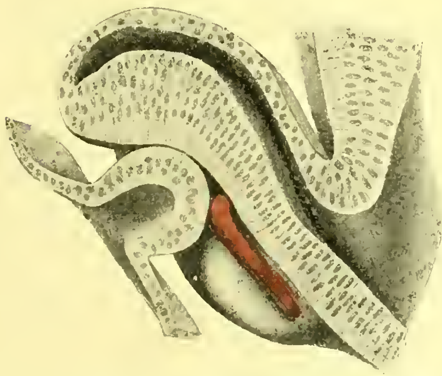


Fig. 9. Schnitt durch das Modell des 6 mm langen Embryo Schäffer-Braus im Bereiche der Becherspalte.

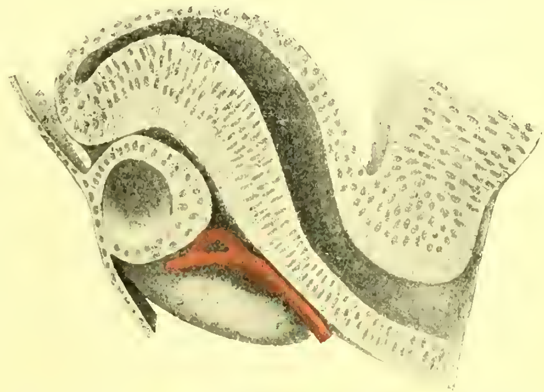


Fig. 10. Schnitt durch das Modell des 7 mm langen Embryo Ch_1 Hochstetter im Bereiche der Becherspalte. (Vergl. Textfig. 6.)

In der Textfig. 8 ist die Augenbecherspalte bis auf eine Einkerbung vorn und ein Loch am hinteren Ende geschlossen. An diesen Stellen wird der Verschluß durch starke Gefäßzweige noch verhindert (Tafel VIII, IX).

Der an der ventralen Augenblasenwand sich bildende Spaltraum wird sofort in seiner ganzen Ausdehnung durch eindringendes Mesoderm und die Arteria hyaloidea, die Ernährungsarterie des Augenbecherinnern ausgefüllt (Tafel II, Fig. 8; Tafel IV, Fig. 3—5; Tafel VII, Fig. 1—7, Tafel III, Fig. 5, Textfig. 9 und 10).

Die Arteria hyaloidea teilt sich bald — manchmal schon im Bereich der Augenbecherspalte — in Äste, die im Innern des Augenbechers sich ausbreiten und mit der Ringarterie, dem späteren Circulus iridis major in Verbindung treten (Textfig. 10, 11, Tafel VIII, IX, XI, XIII, XIV).

Bei dem ventral von der Arteria hyaloidea eintretenden Verschluß der Augenbecherspalte erfolgt selbstverständlich eine Abtrennung des im Becherspaltenraum gelegenen Mesoderms von dem außerhalb davon befindlichen.

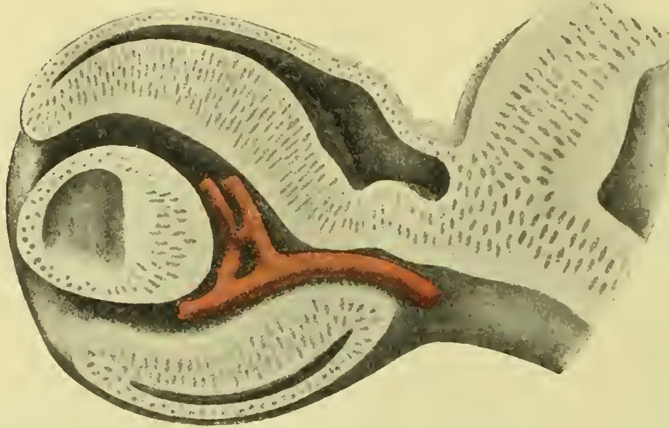


Fig. 11. Schnitt durch das Modell des 11,25 mm langen Embryo P_1 von Hochstetter an der Eintrittsstelle der Arteria hyaloidea in den Augenbecher (vgl. Textfig. 8).

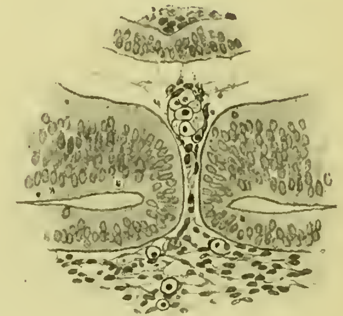


Fig. 12. Äquatorialschnitt durch die Becherspalte eines 8 mm langen, im Besitze Seefelders befindlichen Embryo.

Fig. 13—16 stellen immer mehr proximal gelegene Schnitte durch den gleichen Embryo dar.



Fig. 13. Erklärung siehe Fig. 12.



Fig. 14. Erklärung siehe Fig. 12.

Die verschiedenen Phasen der Annäherung, Aneinanderlagerung und Verschmelzung der Becherspaltränder finden in den Textfig. 12—16, Tafel IX, Tafel XII, Fig. 2, Tafel XI eine Illustration.

Kurz nach der Berührung der Spaltränder findet eine protoplasmatische Verbindung statt und eine Bevölkerung der Vereinigungsstelle mit Zellen von beiden Spalträndern aus (Textfig. 15 und 16, Tafel XII, Fig. 2).

An der Verschmelzungsstelle fehlt zunächst die Trennung in ein äußeres und inneres Netzhautblatt (Tafel XII, Fig. 2), sehr bald erfolgt aber auch diese. Etwas länger pflegt die



Fig. 15. Erklärung siehe Fig. 12.

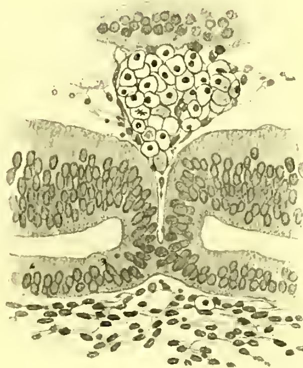


Fig. 16. Erklärung siehe Fig. 12.

Pigmentierung an der Verwachsungsstelle auszubleiben oder wenigstens mangelhaft entwickelt zu sein (Tafel XI, Fig. 3—6, Taf. XII, Fig. 2).

Der Schluß der Augenbecherspalte ist bei Embryonen von 11—12 mm Körperlänge, also am 32. bis 35. Tage vollendet.

Einkerbung des Becherrandes.

Außer der ventral gelegenen großen Becherspalte kann man manchmal an beliebigen anderen Stellen des Becherrandes eine Einkerbung beobachten (Rabl, v. Szily, Wolfrum, Seefelder). (Textfig. 7*cb*, Tafel VII, Fig. 3—5*cb*, Tafel X, Fig. 3—6*cb*.)

Die Einkerbung des Becherrandes ist genetisch ganz unabhängig von der Bildung der ventralen Becherspalte.

Ihr Zustandekommen wird einzig und allein durch Hindernisse verursacht, die ihren Sitz außerhalb der Augenanlage haben und zwar sind es Gefäßverbindungen der Arteria hyaloidea mit der Ringarterie sowie letztere selbst, die sich dem Auswachsen des Becherrandes entgegenstellen (Tafel VII, Fig. 3—5*cb* und Tafel X, Fig. 3—6*cb*).

Mit dem Wegfallen des Hindernisses durch Rückbildung der Gefäßverbindungen bestehen diese Einkerbungen nurmehr kurze Zeit weiter und es erfolgt mit ihrem allmählichen Verschwinden eine Abrundung des Becherrandes.

In den Fällen, wo die Ursache der Spaltbildung des Becherrandes dauernd bleibt, wird die Ausbildung des retinalen Anteils der Iris, event. auch des Ziliarkörpers gehemmt und es kommt zur Bildung sogenannter atypischer Kolobome.

Linse.

Unsere gegenwärtigen Anschauungen über die Entwicklung der Linse beruhen im wesentlichen auf Arbeiten von C. RABL, welcher diese Frage in nahezu erschöpfender Weise bei Selachiern, Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugetieren untersucht hat.

Die Entwicklung der menschlichen Linse hat er gleichfalls in den Bereich seiner Untersuchungen gezogen, sie beschränkten sich jedoch auf wenige Stadien.

Auch die von anderen Autoren begonnenen Untersuchungen der Entwicklung der menschlichen Linse sind lückenhaft geblieben.

Ich bin nun in der Lage, diese Lücken weitgehend auszufüllen, muß jedoch bekennen, daß ich wesentliche neue Tatsachen nicht fördern konnte, da die Entwicklung der menschlichen Linse in den meisten Punkten nicht nennenswert von der der untersuchten Säugetiere abweicht.

Bei der nachfolgenden Beschreibung habe ich von den Untersuchungen RABLs großen Gewinn gezogen.

Die Entwicklung der Linse erfolgt aus dem Ektoderm. Sie wird von der Augenblase ausgelöst. Ihre Bildung ist, wie wir aus experimentellen Untersuchungen wissen, nicht an bestimmte Stellen des Ektoderms gebunden.

Die erste Stufe der Linsenbildung finden wir in den Figuren 3, 4, 4*a*, 5, 6, 7, 7*a* der Tafel II.

In diesem ersten Stadium stellt sich die Linsenanlage in Form einer Verdickung des Ektoderms über der nur leicht eingestülpten Augenblase dar.

Es entspricht dieses Stadium ungefähr dem 15.—18. Tage des Embryonallebens.

Das Linsenfeld — die »Linsenplatte« — erscheint als eine verdickte, leicht nach außen gewölbte Partie des Ektoderms, die sich sowohl dorsal wie namentlich ventral etwas über den Umfang der Augenblase hinaus erstreckt (Tafel II, Fig. 3—7*a*).

Histologisch stellt sich die Linsenplatte als ein einschichtiges Epithel dar. Die sie zusammensetzenden hohen Zylinderzellen sind so dicht gestellt, daß ihre Kerne nicht in einer Reihe Platz finden. Trotz dieser Tatsache besteht auch meiner Meinung nach die Linsenplatte nur aus einer einschichtigen Lage von Epithelzellen, sog. »durchreichenden« Epithelzellen (Tafel II, Fig. 2*a*, 4*a* und 7*a*).

Die Mitosen findet man stets in der Nähe der freien Oberfläche (Tafel II, Fig. 4*a* u. 7*a*).

Zwischen der Linsenplatte und der Augenblase liegt eine dünne Mesodermschicht (Tafel II, Fig. 3—7*a*).

Richten wir unser Augenmerk auf die basale, der Augenblase zugekehrte Konturlinie des Epithels der Linsenanlage, so tritt uns eine eigenartige, von LENHOSSÉK zuerst gemachte Beobachtung entgegen. Während die meisten Zellen an ihrem basalen Ende geradlinig enden, verlängern sich einzelne zu einem kurzen Kegel (»Basal- oder Linsenkegel«). Die Kegelspitze geht in ein zartes Fäserchen über. Diese Fäserchen treten in Beziehungen zu den zwischen Linsenplatte und Augenblasenwand liegenden Mesodermzellen, sowie zur Augenblasenwand selbst (Tafel II, Fig. 2*a*, 4*a* und 7*a*).

Im nächstfolgenden Stadium der Linsenentwicklung, das ungefähr dem 22. Tage entspricht, rücken die Zellen der Linsenplatte in die Tiefe, es wird somit die ursprünglich nach außen konvexe Linsenplatte zu einer nach außen konkaven Platte, der sog. Linsengrube (Tafel III und Textfig. 5).

Die Linsenplatte ist in diesem Stadium wesentlich verdickt und zwar in der Mitte am stärksten; so kommt es, daß während sich ihre innere Fläche mit einer ziemlich ausgeprägten Wölbung in die Außenhöhle der Augenblase hineinlegt, die äußere freie Oberfläche der Linsenplatte mehr nur eine Abflachung als eine ausgesprochene Vertiefung zeigt (Tafel III, insbes. Fig. 5, 6, 7*d*—7*i*).

In der mittleren Abteilung des Linsenfeldes ordnen sich die Zellkerne in 3—4 Lagen übereinander (Tafel III, Fig. 4*b*—4*f*, 7*c*—7*i*).

Auf dem Boden der Linsengrube gewahrt man in der Regel lose Zellen.

Die Basalkegel haben in diesem Stadium an Zahl zugenommen. Die Spitzen der Kegel haben teilweise die Tendenz, sich in zwei Fäserchen zu spalten.

Mit der fortschreitenden Einstülpung des Ektoderms wird aus der Linsengrube ein Linsensäckchen (Tafel IV, Fig. 2, 3, 4 und 7 und Textfig. 9), welches ventral tiefer ist als

dorsalwärts. Auch in diesem Stadium finden wir in dem von der Linsenanlage gebildeten Hohlraum an Zahl wechselnde lose Zellen. Zweifellos stammen die Elemente dieses Zellhaufens aus der Wand des Linsensäckchens. An manchen Schnitten kann man diese Herkunft direkt erkennen.

Für diese Annahme spricht auch die Tatsache, daß dort, wo der Zellhaufen sich befindet, die meisten Mitosen in den Wandzellen des Linsensäckchens zur Beobachtung gelangen (Tafel IV, Fig. 7; Tafel VI, Fig. 1). Weit seltener und in geringerer Zahl treten auch Zellen aus der Wand des Linsensäckchens in den Glaskörperraum.

An vielen dieser Zellen sind mehr oder minder deutliche Degenerationserscheinungen wahrzunehmen. Sie sind als Entwicklungsabfälle zu betrachten (Tafel IV, Fig. 7).

Bald gewahren wir an dem Linsensäckchen die Tendenz einer Abschnürung. Neben seiner proximalen Wandung hat sich schon eine distale Wandung entwickelt, die allerdings noch durch eine Öffnung (Linsenporus) unterbrochen ist, wodurch das Linsensäckchen mit der Ammionhöhle zusammenhängt (Tafel V, Fig. 3, 4 und 7).

Diese Öffnung liegt beim Menschen nicht gerade in der Mitte der distalen Wand, sondern mehr ventral. Ektoderm und distale Linsenwandungen bilden Falten miteinander, deren Blätter am Rande der genannten schmalen Öffnung ineinander übergehen. Die dorsale Falte ist länger als die ventrale (Tafel V, Fig. 7).

In Fig. 1—3 der Tafel VI sehen wir, daß das Linsensäckchen sich vollständig geschlossen und zu einem Linsenbläschen umgebildet hat, aber an der Verlötungsstelle noch fest mit dem Ektoderm zusammenhängt (Tafel VI, Fig. 1).

An der Abschnürungsstelle des Linsenbläschens stellt man zahlreiche homogene, das Licht stark brechende Körner fest, die ventral zahlreicher als dorsal sind, sie weisen auf degenerative Erscheinungen hin (Tafel IV, Fig. 7).

Hier und da springt das Ektoderm besonders von dem dorsalen Rande der Abschnürungsstelle lippenartig in den Hohlraum des Linsenbläschens hinein (Tafel II, Fig. 8, Tafel IX, Fig. 3).

Die eigentümliche Form des Linsenbläschens ersehen wir aus Tafel IV, V, VI und IX.

Es ist mehr dreieckig als rund. Die Zellmasse in der Höhle des Bläschens wird mit dem fortschreitenden Wachstum der Linse geringer (man vergleiche die Tafeln IV—XII).

Über das Verhalten des Mesoderms zwischen dem Linsenbläschen und dem Augenbecher ist S. 8 nachzusehen. Hier sei bemerkt, daß unmittelbar nach der Trennung des Linsenbläschens von dem Ektoderm sich das Mesoderm zwischen beide vorschiebt und mehr und mehr an Umfang zunimmt (Tafel VIII ff.).

Auch im Stadium der Linsenbläschenbildung sind die LENHOSSÉKschen Linsenkegel noch schön sichtbar (Tafel V, VI, VII, IX).

Schon bald nach der Bildung des Linsenbläschens tritt ein deutlicher Unterschied zwischen der distalen Wand, die zum Linsenepithel wird und der proximalen Wand, aus der die Linsenfasern entstehen, hervor.

Die Zellen der proximalen Wand wachsen in die Länge und bilden ein in den Hohlraum vorspringendes »Polster« (Tafel VI, IX, X, XI, XIII).

Die Verlaufsrichtung der jungen Linsenfasern ist nicht die gleiche. Die mittleren Fasern verlaufen mehr in gestreckter Richtung von hinten nach vorn, die peripheren Fasern bilden nach außen konkave Bogen (Tafel XII, Tafel XIV, Fig. 1, 2 und 3; Tafel XV, Fig. 1).

Die Kerne der Linsenfasern liegen nicht in gleicher Höhe und verhalten sich auch dem Farbstoff gegenüber etwas verschieden, indem die Kerne der peripheren Fasern sich etwas intensiver färben als die der zentralen (Tafel XI, XIII, XIV).

Sobald die Linsenfasern eine gewisse Länge erreicht haben, kommen Teilungsfiguren nicht mehr vor.

Das zunächst nahezu dreieckige Linsenbläschen nimmt mehr und mehr eine rundliche Form an (Tafel XII, XIII, XIV).

Der Hohlraum des Bläschens verkleinert sich mit dem Auswachsen der Linsenfasern und es entsteht eine schmale Sichel (Tafel XI—XIV).

Die in dem Hohlraum befindlichen Zellen sind jetzt fast vollständig verschwunden.

Die Linse hat nun fast Kugelform angenommen. Ihr Epithel ist in der Mitte der Vorderfläche am dünnsten und nimmt gegen die jenseits des Äquators liegende Epithelgrenze zu (Tafel XIV, XV).

Die Kerne der Linsenfasern liegen jetzt nicht mehr in der Mitte, sondern mehr an der vorderen Wand, indem die Linsenfasern nach hinten stärker als nach vorn gewachsen sind (Tafel XIV, XV).

Das Wachstum der Linse geht jetzt lediglich durch Apposition vor sich.

Verzeichnis der Bezeichnungen der ersten 15 Tafeln.

acl = Arteria ciliaris postica longa.
ah = Arteria hyaloidea.
au = Augengrube ev. Augenblase — Augenbecher.
br = Becherrand.
bs = Bindehautsack.
cb = Colobom.
d = distale Wand der Augenblase.
ek = Ektoderm.
gl = Glaskörper.
gpl = Gefäßplexus im Glaskörper.
h = Hornhaut.
l = Linsenplatte — Linse.
li = Lid.
lp = Linsenporus.
lu = Lumen des Linsensäckchens bzw. Linsenbläschens.
lw = Linsenwand.
lwh = hintere Linsenwand — Linsenpolster.
med = Medullarrohr.
mes = Mesoderm.
p = proximale Wand der Augenblase.
pigm = Pigmentblatt des Augenbechers.
ra = Ringarterie.
ret = Retinalblatt des Augenbechers.
sp = Augenbecherspalte — Fetalspalte.
spl = Lippe der Augenbecherspalte.
spv = Verschmelzung der Becherspalte.
st = Sehstiel.
sv = Sehventrikel.
v = Vorderhirn.
va = Vordere Augenkammer.
w = Wand der Augenblase.

Vorwort zur II. Lieferung.

Kurz vor der Vollendung seines Anteils an der II. Lieferung, die ich heute den Fachgenossen vorzulegen die Ehre habe, ist mein hochverehrter Mitarbeiter L. BACH einem tückischen Leiden erlegen. Der sonst selbstverständlichen Aufgabe, die großen Verdienste, die sich BACH um das Zustandekommen des Werkes in seiner jetzigen Gestalt erworben hat, an dieser Stelle zu würdigen, fühle ich mich dadurch enthoben, daß dies bereits andernorts von berufenerer Seite in ausgiebigem Maße geschehen ist. —

War es doch BACH vergönnt, die große Anerkennung, die der I. Lieferung in der gesamten in- und ausländischen Fachliteratur zuteil geworden ist, selbst noch zu ernten, und er durfte sie für sich allein beanspruchen, weil der ganze Text, die stoffliche Anordnung und die weitaus überwiegende Mehrzahl der Text- und Tafelabbildungen sein Werk gewesen sind.

So bleibt mir nur noch die Pflicht übrig, ihm meinen wärmsten Dank für seine rege und erfolgreiche Mitarbeiterschaft nachzurufen und das gemeinsam begonnene Werk nach Kräften in einer BACHS würdigen Weise zu Ende zu führen.

Die Verteilung des Stoffes hat sich durch BACHS vorzeitigen Tod insofern etwas geändert, als mir auch noch die Bearbeitung der Horn- und Lederhaut zugefallen ist.

Die Tafeln XVI–XXIV sowie Tafel XXVI stammen noch von BACH.

Der Text zu »Linsennähte, Glaskörper und Zonula« lag von BACH druckfertig vor und ist ohne jegliche Änderung zum Abdruck gelangt.

Der noch ausstehende Rest der Entwicklung des Auges (Sehnerv, Netzhaut, Leder- und Aderhaut) wird in der III. Lieferung abgehandelt.

Herrn Geheimrat GASSER-Marburg schulde ich für seine bereitwilligst gewährte mühevolle Unterstützung bei der Ordnung des auf den Atlas bezüglichen Bachschen literarischen Nachlasses großen Dank.

R. SEEFELDER.

Linsennähte und Linsensterne.

Von L. Bach.

Nach Rabl beginnt die Bildung der Linsennähte Ende des 3. Monats und vom 5. Monat ab hat die Linse einen dreistrahligen Stern. Die hintere Naht entsteht etwas früher als die vordere. Die Spalte an der Hinterfläche der Linse beginne als eine kurze lineare Naht, welche Form sie längere Zeit beibehalte. Erst später komme es zur Bildung eines drei- oder mehrstrahligen Sternes.

Die Ausbildung der Linsennähte hat ihren Grund darin, daß die zentralen Fasern kürzer sind als die nach außen sich anschließenden. Infolgedessen wachsen die hinteren Enden dieser längeren Fasern über die kürzeren zentralen Fasern hinaus. Da, wo die hinteren Enden der längeren Fasern, die von oben und unten herkommen, aufeinander treffen, entsteht eine horizontale Spalte, welche an Tiefe allmählich zunimmt, je mehr peripher gelegene Fasern die zentral gelegenen mit ihren hinteren Enden übergreifen. Die Spalte reicht bis an das hintere Ende der Linse und zwar wird das hintere Ende der Spalte von den längsten bzw. den am weitesten hinten liegenden Fasern gebildet.

Im Anschluß an die hintere horizontal verlaufende Naht entsteht die vordere vertikal verlaufende Naht. Es stehen somit die beiden Linsennähte senkrecht aufeinander. Diese Tatsache hat darin ihren Grund, daß die hinten bis zum Linsenpol reichenden Fasern vorn weit ab vom Pol und zwar nach oben und unten davon ihr Ende finden, während umgekehrt die dem vorderen Pol nahe liegenden Fasern verhältnismäßig weit mit ihren hinteren Enden seitwärts vom Pol endigen. Zum Verständnis dieser Anordnung der Linsenfasern ist zu beachten, daß die Fasern gleichen Alters nahezu gleiche Länge haben, und auf diese Weise von selbst eine Nebeneinanderlagerung der Fasern in der vorhin angegebenen Weise stattfinden muß.

Meine Kenntnisse sind in bezug auf die Bildung der Linsennähte und Linsensterne lückenhaft geblieben.

Den ersten Anfang der Linsennähte sah ich bei einem 26 mm langen Embryo, das ist Ende des 2. Monats.

Die vordere Linsennaht beobachtete ich ziemlich deutlich bei einem 32 mm langen Embryo, das ist zu Beginn des 3. Monats (Tafel XXVI, Fig. 7).

Sehr deutlich sehen wir die vordere und hintere Linsennaht bei einem 84 mm langen Embryo (Tafel XVI, Fig. 5 und 6).

Vorderen und hinteren Linsenstern fand ich sehr schön ausgebildet bei einem 120 bis 130 mm langen Embryo (siehe Tafel XVI, Fig. 1—4).

Zonula Zinnii.

Von L. BACH.

Über die Entstehung der Zonulafasern gehen die Ansichten noch beträchtlich auseinander. Eine Auffassung läßt die Zonulafasern aus Bindegewebszellen, die zur Zeit der Zonulaentwicklung im Zonulagebiete sich fänden, auswachsen.

Eine zweite Anschauung erblickt in den Zonulafasern eine ektodermale Bildung und zwar seien Zonula und Glaskörper gleichwertige, aber von einander unabhängig erfolgende Bildungen. In chemischer Hinsicht bestände allerdings ein Unterschied, wofür das verschiedenartige tinktorielle Verhalten der WEIGERTschen Neurogliafärbung gegenüber spreche. Nach dieser zweiten Auffassung stellen die Zonulafasern protoplasmatische Ausläufer oder sekretartige Produkte der inneren Lage des Ziliarepithels in dessen ganzer Ausdehnung dar. Diese Ziliarepithelien werden auf eine Stufe mit den Zellen der MÜLLERschen Stützfasern gestellt.

Die Stätte der Bildung der Zonulafasern beginnt unmittelbar nach vorn von der Netzhaut. Es ist zu betonen, daß die Zonulafasern in der ganzen Ausdehnung der inneren Lage des Ziliarepithels gebildet werden.

Die Membrana limitans interna retinae fehle an den Ursprungsstellen der Zonulafasern, sei aber sonst im Bereiche des Ziliarkörpers und der Iris zu verfolgen. Für einen größeren Teil der Zonulafasern spiele die bis zur Iriswurzel zu verfolgende Limitans externa retinae eine wichtige Rolle. Sie bilde eine Kittleiste, an der die Zonulafasern fest verankert seien (WOLFRUM).

In neuester Zeit ist v. LENHOSSÉK auf Grund des Studiums der Zonulaentwicklung beim Huhn zu der Anschauung gekommen, die Zonula bilde sich aus dem Glaskörper heraus ohne jede Beteiligung des Ziliarepithels. Seiner Meinung nach finden die Zonulafasern schon

an der Kutikularhaut des Ziliarepithels ihr Ende. Ihre vermeintlichen epithelialen Fortsetzungen seien nicht solche, sondern davon unabhängige fibrilläre Differenzierungen des Protoplasmas oder Ektoplasmas der Epithelzellen, die sich wohl im Anschluß an die Zonulafasern und vielleicht auch durch den Reiz der von diesen ausgeübten Zugwirkung ausgebildet haben, aber nicht ihre unmittelbaren Fortsetzungen seien. Die fraglichen epithelialen Fibrillen seien ähnlich zu beurteilen wie die sogenannten Wimperwurzeln der Flimmerzellen.

Die Zonulafasern lassen sich nicht immer scharf gegen die vordere Grenzschicht des Glaskörpers abgrenzen und es sollen manche Zonulafasern in den Glaskörper auslaufen.

Die Zonulafasern ordnen sich in ihrem Verlaufe nach den Ziliartälern, indem auf den Erhebungen zwischen den Ziliartälern nur spärlich Fasern verlaufen. Es fassen stets zwei Bündel von Zonulafasern einen Ziliarfortsatz zwischen sich und weichen in ihrem weiteren Zuge nach der Linse pinselförmig auseinander (Tafel XVIII, Fig. 1, 2 und 3). Es entsteht eine scheinbare Durchkreuzung der Zonulafasern dadurch, daß die zur vorderen und hinteren Linsenfläche gehenden Bündel alternieren, indem jene in der Regel mehr nach hinten, diese und die zum Äquator gehenden mehr vorn an dem Ziliarkörper entspringen (Tafel XVIII, Fig. 2). Ein Teil der Zonulafasern inseriert an der Linsenvorderfläche in etwas verschiedener Entfernung vom Äquator. Ein kleiner Teil inseriert direkt am Äquator, ein dritter Teil inseriert an der Hinterfläche der Linse und zwar sind dies sehr zahlreiche und feine Fasern (Tafel XVIII, Fig. 1 und 2). Dadurch daß die Sonderung der Zonulafasern in Bündel auch noch beim Ansatz an die Linse selbst besteht, kommt die eigentümliche Leistenbildung am Äquator zustande (Tafel XVIII, Fig. 1 und 3). Vor der Insertion erfolgt eine sehr feine Aufsplitterung aller noch kräftigeren Fasern, welche dann unmittelbar in die Linsenkapsel übergehen.

Meine eigenen Untersuchungen über die Entwicklung der Zonula im menschlichen Auge sind noch sehr lückenhaft. Für die Annahme einer Entwicklung der Zonulafasern aus Bindegewebszellen haben die meinen Untersuchungen zugrunde liegenden Schnitte keinen Anhaltspunkt ergeben.

Ich fand den Zonularaum zunächst in der ganzen Ausdehnung der Pars caeca retinae mit Glaskörpergewebe ausgefüllt. Dieses später wieder schwindende Gewebe zeichnet sich gegenüber dem übrigen Teile des Glaskörpers durch eine mehr lockere und grobfaserige Beschaffenheit aus. Eine bestimmte Richtung seiner Fasern tritt nicht hervor (Tafel XVII, Fig. 1). Die erste Andeutung einer Zonulaentwicklung stellte ich bei einem 130 mm langen Embryo, also Anfang des 4. Monats fest. Der Zonularaum ist hier noch vollständig von dem Glaskörpernetzwerk ausgefüllt (Tafel XVII, Fig. 2).

Es treten aber deutlich einzelne Faserzüge hervor, die durch ihre Verlaufsrichtung die spätere Zonula erkennen lassen. Es gelang mir nicht, einen Zusammenhang dieser Fasern mit den Zellen der Pars caeca retinae nachzuweisen.

Viel deutlicher treten die Zonulafasern in der Fig. 3 der Tafel XVII bei einem Embryo von 155 mm hervor. Man gewinnt hier den Eindruck, als beständen Beziehungen dieser Fasern zu der innersten Lage der Zellen der Pars caeca retinae. Der Glaskörper des Zonularaums hat sich hier, besonders im vordersten Teil schon stark zurückgebildet. Noch mehr ist dies der Fall in Fig. 4 der Tafel XVII, die von einem 25 cm langen Embryo herstammt. Hier treten die Zonulafasern schon sehr deutlich hervor, und ist auch ihre spätere Verlaufsrichtung schon deutlich zu erkennen. In Fig. 4 der Tafel XVIII, die von einem ungefähr 35 cm langen Embryo stammt, ist das Glaskörpernetzwerk des Zonularaums schon vollständig geschwunden und die Zonulaausbildung nähert sich noch mehr den Verhältnissen im Auge des Erwachsenen, die in Fig. 1 und 2 der Tafel XVIII dargestellt sind.

Glaskörpergenese und -struktur.

Von L. BACH.

Bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts galt nahezu unbestritten die von SCHÖLER 1848 begründete und von R. VIRCHOW gestützte Lehre, daß der Glaskörper vom Bindegewebe der Kopfplatten abstamme. Man sah den Glaskörper als eine besondere Form des Bindegewebes an, in dem die wenig zahlreichen geformten Elemente in reichlicher flüssiger Grundsubstanz verteilt seien.

Das embryonale Bindegewebe, welches sich zu Glaskörpergewebe umwandle, könne einmal durch die Fötalspalte, weiterhin durch den schmalen kreisförmigen, zwischen Linse und Umschlagsrand des Augenbechers befindlichen Raum in das Augeninnere eindringen, schließlich könne für den Glaskörperaufbau auch die zwischen Ektoderm und primärer Augenblase befindliche Bindegewebsschicht in Betracht kommen.

Eine ernstliche Erschütterung erlitt diese ein halbes Jahrhundert herrschende Lehrmeinung zuerst durch die Untersuchungen von TORNATOLA, weiterhin durch die von v. LENHOSSÉK.

Beide Autoren brechen mit der Anschauung von der mesodermalen Herkunft des Glaskörpers und sehen ihn als ein ektodermales Gebilde an. Allerdings gehen ihre Anschauungen diametral auseinander, indem TORNATOLA den Glaskörper als eine rein retinale Bildung ansieht, während v. LENHOSSÉK seine lentikuläre Genese postuliert.

Nach TORNATOLA steht der Glaskörper ohne eine dazwischen liegende Membran in direkter Verbindung mit der Retina. Die innersten Zellen der embryonalen Retina seien seine Bildungsstätte; diese Zellen wüchsen in Fäserchen aus und bildeten unter vielfacher Anastomosenbildung das Glaskörpergewebe.

v. LENHOSSÉK hingegen, der die Glaskörperentwicklung bis in die allerfrühesten Stadien verfolgte, gibt an, daß an den Linsenzellen schon bei ihrer ersten Anlage — der sog. Linsenplatte — und auch weiterhin bei der Ausbildung des Linsensäckchens rings herum sich Kegel (»Basalkegel«) bildeten, aus denen feine Fäserchen hervorsproßten.

Diese in Form zarter radiärer Ästchen aus den Ektodermzellen der Linsenanlage hervorbrechenden Fibrillen verästelten sich dann im Laufe der weiteren Entwicklung nach einem bestimmten Typus. Radiären Fasern gesellten sich zunächst meridional verlaufende, die hintere Linsenfläche in konzentrischen Zügen umkreisende Faserelemente hinzu. Diese ersten oder primären Meridionalfibrillen sendeten ihrerseits wieder zahlreiche starre geradlinige Radiärfasern nach der Netzhaut.

Primäre Radiär- oder Meridionalfasern bildeten zusammen die Capsula perilenticularis oder die vordere Grenzschicht des Glaskörpers, die aus letzterer hervorsprießenden sekundären Radiärfasern, von denen alsbald auch sekundäre Meridionalfasern ausgingen, würden zum eigentlichen faserigen Glaskörper.

Bevor noch der Glaskörper zu dem eben beschriebenen komplizierten Fibrillenwerk sich ausgebildet habe, sei er von seinem Mutterboden, der Linse, bereits abgetrennt.

Diese Abtrennung erfolge mit dem Moment der Ausbildung der als kutikulare Ausscheidung zu betrachtenden Linsenkapsel.

RABL und WOLFRUM haben eine andere Auffassung über die Bedeutung des perilentikulären Faserfilzes.

RABL läßt ihn der Anheftung des Rete vasculosum lentis dienen. WOLFRUM sieht in der Summe der Linsenkegel einen Fixationsapparat von vorübergehender Bedeutung für das vom Ektoderm losgelöste Linsensäckchen.

Zu ähnlichen Ergebnissen wie v. LENHOSSÉK war VAN PÉE gekommen, insofern als auch er unabhängig von V. LENHOSSÉK die Linsenkegel mit ihren auswachsenden Fäserchen beobachtete.

Seine Anschauung über Genese und Aufbau des Glaskörpers weicht aber im übrigen wesentlich von der v. LENHOSSÉKschen ab.

VAN PÉE spricht sich dahin aus, daß der Glaskörper bei den von ihm untersuchten Geschöpfen sich aus zwei Komponenten zusammensetze, einmal aus einer mesodermalen und zweitens aus einer epithelialen. Der epitheliale Anteil habe als gemeinsamen Mutterboden Retina und Linse. Der lentikuläre Anteil an dem Glaskörperaufbau sei nur von kurzem Bestand und schwinde mit dem Erscheinen der Linsenkapsel wieder vollständig.

Der Retinaanteil des Glaskörpers bestehe aus langen radiären Fortsätzen der Retina, die anfänglich den Glaskörper allein darstellten und unter Anastomosenbildung zu einem zierlichen Flechtwerk sich formten.

Später, und zwar gleichzeitig mit der Entwicklung der Glaskörpergefäße, trete auch der retinale Anteil mehr und mehr zurück vor dem Anteil des Glaskörpers, der im Zusammenhang mit dem Mesoderm sich entwickle. Dieser mesodermale Teil bestehe aus einem lockeren Bindegewebe mit sternförmigen, anastomosierenden Zellen und zahlreichen, konzentrisch angeordneten Fibrillen.

In der Folgezeit wurde die Ansicht von dem lentikulären Ursprung des Glaskörpers von verschiedenen Autoren, u. a. auch von v. KÖLLIKER, auf das heftigste bekämpft, während die Anschauung von dem retinalen Ursprung des Glaskörpers immer mehr an Boden gewann.

Und in den letzten Jahren wurde dann von vielen Autoren folgende Anschauung vertreten:

Die Glaskörperbildung erfolgt zuerst in der ganzen Ausdehnung des inneren Blattes des Augenbechers derart, daß an der Innenfläche dieses Blattes sich kegelförmige Vorsprünge zeigten, aus denen zunächst radiär gestellte Fäserchen auswuchsen. Diese Fäserchen bilden durch Queranastomosen das zierliche Flechtwerk des embryonalen Glaskörpers. Sie treten mit den von der Linse ausgehenden Protoplasmaausläufern, deren Bildung schon in dem Momente beginnt, wo das primäre Augenbläschen sich bis an das Ektoderm herausschiebt, in Verbindung. Mit der Bildung der Linsenkapsel beteiligt sich die Linse nicht weiter an dem Glaskörperaufbau und so erfolgt nun die weitere Füllung des sich vergrößernden Glaskörperraumes lediglich von der ganzen Innenfläche der Netzhaut aus.

Diese retinale Glaskörperbildung bezeichnet man als primitive und ist geneigt, eine ganze oder teilweise Rückbildung derselben anzunehmen.

Mit der fortschreitenden histologischen Differenzierung der Netzhaut schwinde das Vermögen der Netzhaut, Glaskörper zu bilden, fortschreitend von der Papille bis zur pars caeca sive ciliaris retinae und beschränke sich mehr und mehr auf diese Partie, insbesondere

auf den Teil, der zwischen der Ora serrata und dem Anfang der Zonula Zinnii gelegen ist. Dieser Abschnitt sei die Bildungsstätte des bleibenden faserigen Glaskörpergewebes.

Über die Art der Entstehung des Glaskörpers und der Pars ciliaris retinae liegen besonders sorgfältige Untersuchungen von WOLFRUM vor.

Er sah von den Enden der hohen Zylinderzellen besonders des hinteren Abschnittes der Pars ciliaris retinae feinfaserige, büschelförmige, nach allen Richtungen sich verstreuende Fortsätze ausgehen, die als Glaskörperfibrillen zu deuten sind. Diese Fibrillenbüschel gehen unmittelbar aus den Zellen hervor, es setzen sich somit diese Zellen unmittelbar in das Glaskörpergewebe fort und geben die Matrix für den größten Teil des Glaskörpers ab.

In der neuesten Zeit scheint die von VAN PÉE, V. KÖLLIKER u. a. vertretene Anschauung von dem gemischten, d. h. teils ektodermalen, teils — und zwar je nach dem Grade der Ausbildung der Glaskörpergefässe verschieden starken — mesodermalen Aufbau des Glaskörpers*) mehr und mehr Anhänger zu gewinnen.

Und gegenwärtig ist besonders im Hinblick auf die verdienstvollen Untersuchungen von V. SZILY weit weniger die Frage aktuell, inwieweit der Glaskörper von der Linse und der Netzhaut gebildet wird, als die, inwieweit mesodermales Gewebe an dem Aufbau mitbeteiligt ist.

Nach V. SZILY soll es nämlich von keiner prinzipiellen Bedeutung sein, ob die das Glaskörpergewebe bildenden Fasern der Retina oder Linse angehören.

Dieser Anschauung wird allerdings von HELD widersprochen, der darauf hinweist, daß an anderen Stellen, wo ektodermale Anteile einer oberflächlichen Haut wie eines Gehirnteiles nach gleichem allgemeinem Prinzip zu einem Fasernetz vereinigt seien wie in dem Glaskörper und wozu spätere Anteile von mesodermalen Zellen hinzukämen, sich ebensowenig wie vor der Linse Glaskörper entwickle, und zwar deswegen, weil basale Zellfortsätze von der Eigenart der MÜLLERschen Stützzellen der Netzhaut fehlten.

Die Frage nach dem Anteil des Mesoderms an dem Glaskörperaufbau ist durch die Feststellung einer Verbindung von ektodermalen Fasern mit mesodermalen Zellen, überhaupt durch den Nachweis, daß nicht nur an der Augenanlage, sondern ganz allgemein in den jüngsten Stadien des sich entwickelnden Organismus Protoplasmaausläufer und -verbindungen zu finden sind, wo Zellaggregate benachbart liegen, in ein neues Stadium getreten (V. SZILY, WOLFRUM u. a.).

---

*) Anmerkung von R. SEEFELDER: Für diese Auffassung könnte auch die Tatsache sprechen, daß beim menschlichen Embryo in einer bestimmten Entwicklungsperiode (bei 12—15 mm Länge) am Becherrande zahlreiche freie Mesodermzellen in den Glaskörper eindringen und mit ihm in der bekannten Weise in innige Verbindung treten. Daß sich diese Zellen dort aktiv verhalten, dürfte daraus hervorgehen, daß sie dort Mitosen bilden.

Es ist speziell auch der Nachweis erbracht worden, daß die epithelialen Fasern des Glaskörpers sich direkt mit den Gefäßendothelien verbinden, so daß ein kontinuierlicher Protoplasmastrang zwischen MÜLLERscher Zelle in der Netzhaut und Endothelprotoplasma zustande kommt.

Die Bildung von Fibrillen durch die Gefäße erreicht nie einen größeren Umfang, auch sollen die Fibrillen mit der Rückbildung der Gefäße dem Untergang anheimfallen und von diesem Moment ab erfolge dann die Bildung der Glaskörperfasern hauptsächlich oder ausschließlich von der Pars ciliaris retinae (WOLFRUM).

Wie vorn erwähnt wurde, besteht das Glaskörpergerüst aus einem Netzwerk zarter radiär und meridional verlaufender Fasern (siehe Tafel XX, Fig. 2). Von diesem Bau weichen die zentralen und peripheren Abschnitte ab und erheischen deshalb eine besondere Besprechung.

Die zentrale Abteilung des Glaskörpers, der sog. Glaskörpertrichter, zeigt in der Umgebung der den Glaskörperraum von der Sehnervenpapille zur hinteren Linsenfläche frei durchsetzenden Arteria hyaloidea eine eigenartige Struktur (siehe Tafel XX, Fig. 1 und 2, ferner Tafel XXI und XXII).

Der Inhalt dieses Trichters besteht nach v. LENHOSSÉK und RETZIUS, abgesehen natürlich von den Blutgefäßen, ebenfalls nur aus Glaskörperfibrillen, die aber in ihrer Anordnung die Tendenz zeigen, ein viel lockereres Geflecht zu bilden, als der außerhalb des Trichters gelegene Glaskörperabschnitt, ja die stellenweise sogar schon in verhältnismäßig früher Stufe größere Lakunen zwischen sich fassen, die von einer nicht gerinnbaren Flüssigkeit ausgefüllt sind. Die Richtung der Fibrillen innerhalb des Glaskörpertrichters sei in der Hauptsache eine longitudinale, d. h. mit der Arterie parallele, doch liefen die Fasern keineswegs geradlinig, sondern bildeten miteinander ausgedehnte Verflechtungen.

Sie gehen im wesentlichen direkt aus den Zellen des am Papillenrande zirkulär verlaufenden Gliaringes und aus benachbarten MÜLLERschen Stützzellen hervor.

Über die periphere Begrenzung des Glaskörpers ist zu sagen, daß die Autoren neuerdings weitgehend dahin übereinstimmen, daß eine sog. Membrana hyaloidea neben der Membrana limitans interna retinae nicht existiert.

Es gehört vielmehr die Limitans interna der Netzhaut als gemeinschaftliche Trennungszone sowohl der Netzhaut als dem Glaskörper an.

An den Außengrenzen des Glaskörpers liegen zwar etwas dichtere Faserlagen; da diese sich aber keineswegs von dem übrigen Glaskörper scharf abgrenzen und unterscheiden lassen, so möchte ich WOLFRUM beipflichten, daß eine gesonderte anatomische Bezeichnung überflüssig, ja meiner Meinung nach unzweckmäßig ist, weil sie zu Verwirrung Anlaß geben kann.

Die Membrana limitans interna steht der Entwicklung des Glaskörpers aus der Netzhaut nicht entgegen, wie von mancher Seite behauptet wird, da ja noch viel später aus den Epithelzellen der Pars ciliaris retinae, woselbst die Limitans interna zur Glaslamelle des Corpus ciliare geworden ist, die Zonulafasern hervorgehen.

Bezüglich der Entwicklung und Bedeutung des sog. vorderen Glaskörpers ist in dem Kapitel Hornhautentwicklung nachzulesen.

Die Hornhaut.

Von R. Seefelder.

Das Problem der Histogenese der Hornhaut ist vor kurzem in ein neues Stadium getreten. Während noch vor wenigen Jahren ein Zweifel an der rein mesodermalen Abkunft der Grundsubstanz und der beiden Grenzmembranen der Hornhaut als eine Vermessenheit angesehen worden wäre, hat in der jüngsten Zeit Knape darauf hingewiesen, daß an dem Aufbau dieser Hornhautschichten auch ektodermale Bestandteile beteiligt seien. Anknüpfend an die bekannten Untersuchungen v. Lenhossék's und van Pée's über den sog. vorderen Glaskörper, die dann von v. Lenhossék's Schüler v. Szily noch weiter ausgebaut wurden, hat Knape bei dem Studium der Hornhautentwicklung des Hühnchens die Beobachtung gemacht, daß der sog. vordere Glaskörper nicht, wie v. Lenhossék angenommen hatte, ein vergängliches Gebilde sei, sondern an dem Aufbau der Hornhaut einen wesentlichen Anteil nehme. Nach seinen Mitteilungen bleibt beim Hühnchen ein Teil des sog. vorderen Glaskörpers als eine kernfreie Zone direkt unter dem Ektoderm erhalten und wird zur Bowmanschen Schicht. Der hinterste (proximale) Abschnitt des sog. vorderen Glaskörpers verdichtet sich frühzeitig zu einem häutchenartigen Gebilde, aus dem die Membrana Descemetii hervorgeht. Die proximale (hintere) Fläche dieses Häutchens wird von einer einfachen Lage von Mesodermzellen überkleidet, die von dem Becherrande her einwandern. »Diese Zellen sind für das Endothel der Kornea bestimmt.«

Der ebenfalls von Glaskörper ausgefüllte Raum zwischen den Anlagen der beiden Grenzmembranen wird von Mesodermzellen ausgefüllt, die Anschluß an das embryonale Stützgewebe gewinnen, und gemeinsam mit ihm den Aufbau der Hornhautgrundsubstanz bewerkstelligen.

Nach dieser Darstellung wären die BOWMANsche und DESCEMETsche Membran rein ektodermale Gebilde, die Hornhautgrundsubstanz ein Mischgewebe von Ektoderm und Mesoderm.

KNAPE hat seine Untersuchungen auch noch auf andere Vögel (Ente, Taube), sowie auf den Haifisch, Frosch und das Kaninchen ausgedehnt und auch bei diesen Tieren seine Ansichten mehr oder weniger bestätigt gefunden.

Berücksichtigen wir ferner, daß vor kurzem auch noch SALZER auf einem ganz andern Wege und von ganz andern Gesichtspunkten ausgehend zu ähnlichen Ergebnissen gelangte, insofern er beim Studium der Regeneration der Kaninchenhornhaut den Eindruck gewonnen hat, daß bei diesem Vorgange dem Epithel eine wichtige, wenn nicht die Hauptrolle zukomme, so muß es in der Tat in hohem Grade angezeigt erscheinen, die Frage der Entwicklung der Hornhaut auch an menschlichem Material nachzuprüfen.

Das embryonale fibrilläre Stützgewebe zwischen Ektoderm und Linse (der sog. vordere Glaskörper).

Um die Bedeutung des sog. vorderen Glaskörpers bei der Histogenese der Hornhaut würdigen zu können, ist es notwendig, mit einigen Worten auf seine Entwicklung einzugehen. Ich verweise zu diesem Zwecke auf Tafel VI, Fig. 3 *A* (1. Lieferung), wo sich bereits eine detaillierte Abbildung des sog. vorderen Glaskörpers findet. Es handelt sich dort um einen 8 mm langen Embryo, bei dem das Linsenbläschen eben im Begriffe steht, sich endgültig von dem noch einreihigen Ektoderm loszulösen. Der sog. vordere Glaskörper ist bereits stark entwickelt und füllt als ein lockeres feinfibrilläres Gerüstwerk den Raum zwischen Ektoderm, Linse, Augenbecherrand und Mesoderm des Augenbecherrandes aus. Die Abbildung zeigt deutlich, daß an dem Aufbau des Gerüstwerkes sowohl Zellfortsätze der Linse als des Ektoderms beteiligt sind; finden sich doch hier wie dort Zellen, deren basale Seiten kurze, kegelförmige Fortsätze aufweisen, die sich in zahlreiche feine Fibrillen auflösen. Der epitheliale Anteil erscheint bei diesem Embryo verhältnismäßig groß. Bei meinen Embryonen von 6—9 mm Länge sind die epithelialen Protoplasmakegel im allgemeinen viel zarter und spärlicher und ihre Verzweigungen weniger ausgedehnt.

Der Übergang des sog. vorderen Glaskörpers in den eigentlichen Glaskörper vollzieht sich am Becherrande ohne jede scharfe Abgrenzung. Da ferner zwischen beiden ein morphologischer Unterschied nicht vorhanden ist, erscheint die Bezeichnung vorderer Glaskörper bis zu einem gewissen Grade begründet. Die erwähnte Abbildung läßt ferner erkennen, daß die Fibrillen des sog. vorderen Glaskörpers in der Gegend des Becherrandes sowohl mit dem Ringgefäß als mit den freien Mesodermzellen in enge Verbindungen treten.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß die Bildung des sog. vorderen Glaskörpers nicht auf den Raum zwischen Epithel, Linse und Becherrand beschränkt bleibt, sondern stellenweise, und zwar besonders im dorsalen Augenabschnitt, so weit über den Augenbecherrand hinaus reicht, daß das fibrilläre Gewebe ausschließlich vom Ektoderm und Pigmentepithel begrenzt wird und natürlich auch nur von diesen beiden gebildet worden sein kann.

Das Einwachsen der Mesodermzellen in den Raum zwischen Ektoderm und Linse.

Der nächste Fortschritt in der Hornhautentwicklung des Menschen besteht nach den zurzeit gültigen Anschauungen bekanntlich darin, daß von dem Mesoderm des Becherrandes einzelne Zellen in der Richtung des vorderen Linsenpols vordringen, um schließlich zwischen Epithel und Linse eine geschlossene Mesodermschicht zu bilden. Dieser Vorgang pflegt sich bei menschlichen Embryonen von 8—12 mm Länge zu vollziehen, doch zeigen sich auch hierin, wie in so vielen andern Entwicklungsvorgängen, gewisse zeitliche individuelle Verschiedenheiten.

Embryo von 12,7 mm Länge.

Zum Studium der uns in erster Linie interessierenden histogenetischen Bedeutung des sog. vorderen Glaskörpers erwies sich von meinem eigenen Material am besten geeignet ein ausgezeichnet konservierter Embryo von 12,7 mm Länge. Das Alter dieses Embryos dürfte gegen 5—6 Wochen betragen. Letzte Menses 51 Tage vor Einleitung des artifiziellen Aborts. Die Linse ist noch bläschenförmig, das Linsenpolster aber bereits gut ausgebildet. Die Becherspalte ist in der Mitte geschlossen, distal und proximal noch offen. Bezüglich der äußeren Körperform vergl. die Erläuterungen zu Tafel XXIV.

Der sog. vordere Glaskörper ist mächtig entwickelt und füllt jetzt auch den Raum zwischen dem vorderen Linsenpol und Epithel bzw. Ektoderm mit aus (Tafel XXIV, Fig. 1). Die Linsenkegel sind noch sehr zahlreich und zeigen eine außerordentlich reiche und zierliche baumförmige Verästelung, während die basale Seite der Zellen des Ektoderms fast durchgehends eine scharfe kutikulare membranige Abgrenzung und glatte Oberfläche aufweist. Ohne Kenntnis jüngerer Stadien würde man bei diesem Embryo den epithelialen Anteil des sog. vorderen Glaskörpers sicherlich noch geringer veranschlagen als der Wirklichkeit entspricht. Nur stellenweise sind unmittelbar unter dem Epithel oberflächenparallel verlaufende Fibrillen nachzuweisen, die anscheinend mit den Epithelien zusammenhängen. Von einem geschlossenen subepithelialen Fibrillenlager wie beim Hühnchen kann dagegen keine Rede sein. Inmitten des sog. vorderen Glaskörpers sind jetzt eine Anzahl von Zellen nachzuweisen. Diese Zellen sind, wie ihre Gestalt und ihr Zusammenhang mit den Mesodermzellen am Becherrande beweist, zum größten Teil Mesodermzellen und nur zum kleineren aus der Linse und dem Epithel ausgewanderte bzw. ausgestoßene Elemente. Sie liegen hier im Zentrum des Pupillarloches noch in ziemlich großen Abständen und sind noch nicht zu einem geschlossenen Ganzen verschmolzen. Gewöhnlich pflegt man zu sagen, daß die Mesodermzellen von der Gegend des Becherrandes her eingewandert sind. Doch weisen die überall vorhandenen Kernteilungen auch auf eine Zellvermehrung an Ort und Stelle hin. Die Mesodermzellen treten mit dem dort vorhandenen fibrillären Stützgewebe in der von v. Szily geschilderten Weise in innige Verbindung. Ich mache besonders darauf aufmerksam, daß ihre Anordnung keinen streng gesetzmäßigen Eindruck macht, und daß von irgend welchen richtungbestimmenden Einflüssen nichts zu erkennen ist.

Das Epithel ist jetzt zweischichtig. Nach außen von den kubischen Basalzellen findet man jetzt in ziemlich großen Abständen platte Zellen mit länglich ovalen Kernen, deren Achse parallel zur Oberfläche verläuft.

Embryo von 14,5 mm Länge.

Das nächste Stadium zeigt trotz seines geringen Alters- und Größenunterschiedes bereits wesentlich andere Verhältnisse (Tafel XXIV, Fig. 2). Der betreffende Embryo hatte eine Länge von 14,5 mm. Seine Konservierung ist ebenso tadellos wie die des vorigen Stadiums. Der Linsenhohlraum ist stark verkleinert. Die Becherspalte ist immer noch distal und proximal geöffnet. Die äußere Körperform ist ebenfalls auf dem die Erläuterung zu Tafel XXIV enthaltenden Blatte abgebildet.

Ein kleiner Mangel des Präparates besteht darin, daß es — wahrscheinlich bei der Paraffineinbettung — etwas geschrumpft ist. So ist die Linse ziemlich stark von der Hornhautanlage abgehoben und wahrscheinlich auch die Anordnung der Hornhautzellen etwas

lockerer als in Wirklichkeit. Im übrigen sind diese Veränderungen der Übersichtlichkeit des ganzen Präparates nur förderlich.

Wir sehen nunmehr den Raum zwischen Linse und Ektoderm von einer etwa zweifachen Lage von Mesodermzellen eingenommen, die sämtlich eine Anzahl von weit verzweigten Protoplasmafortsätzen aufweisen, vermittels deren sie miteinander anastomosieren. Der sog. vordere Glaskörper ist in den protoplasmatischen Verzweigungen der Mesodermzellen so vollständig aufgegangen, daß er einen Teil von diesen selbst zu bilden scheint. Freie Fibrillen sind kaum noch mit Sicherheit nachzuweisen. Ein selbständiges vorderes oder hinteres Grenzhäutchen, wie z. B. bei der embryonalen Hühnchenkornea, ist nicht vorhanden. Die Mesodermzellen reichen vielmehr zum Teil bis an die bereits schön ausgebildete Basalmembran des Epithels heran. Auch die Linsenkegel sind bis auf geringe Spuren verschwunden und die kutikulare Linsenkapsel fast in der ganzen Ausdehnung entwickelt. Der Zusammenhang der Linse mit dem sog. vorderen Glaskörper ist trotz der leichten Schrumpfung an mehreren Stellen erhalten geblieben.

Am Becherrande dringen jetzt zahlreiche Mesodermzellen in den eigentlichen Glaskörper ein und treten mit ihm in gleicher Weise in Verbindung, wie wir es beim sog. vorderen Glaskörper gesehen haben. Es ist besonders zu beachten, wie auch die Abbildung ohne weiteres lehrt, daß alle diese Gebilde — Mesodermzellen der Hornhautanlage, sog. vorderer Glaskörper, Mesodermzellen des Becherrandes und eigentlichen Glaskörpers, sowie sog. vorderer und eigentlicher Glaskörper — an den Berührungsstellen kontinuierlich ineinander übergehen und bis zu einem gewissen Grade ein einheitliches Ganzes bilden.

Das DESCEMETsche Endothel ist noch nicht entwickelt; das Epithel wie beim vorigen Stadium zweischichtig.

Den geschilderten Entwicklungsgrad habe ich bei einer ganzen Reihe von Embryonen dieses Alters übereinstimmend gefunden. Etwas verschiedenartig ist lediglich das Verhalten der Mesodermzellen, die bald in einfacher, bald in zweifacher Lage angeordnet sind. Im allgemeinen kann man aber sagen, daß bei Embryonen bis zu 20 mm Länge weder ein Endothel noch eine Spur von einer BOWMANschen oder DESCEMETschen Membran entwickelt ist. Desgleichen fehlt bis dahin eine eigentliche Pupillarmembran.

Die Hornhaut des menschlichen Embryos bleibt also verhältnismäßig lange Zeit sehr dünn und zeigt, wie wir im folgenden sehen werden, auch noch einige Zeit nach der Ausbildung des DESCEMETschen Endothels eine sehr geringe Dicke.

Das weitere Schicksal des embryonalen Stützgewebes und das Descemetsche Endothel.

Der jüngste von meinen Embryonen, bei dem ich ein DESCEMETsches Endothel entwickelt fand, hatte eine Scheitel-Steißlänge von 20 mm und eine Gesamtlänge von 24 mm.

Die Konservierung dieses Embryos ist, was die Frische des Präparates anbetrifft, ebenso einwandsfrei als die der beiden vorhergehenden Stadien. Dagegen ist der Kopf bei der Entfernung des Embryos (Abortus artificialis) etwas lädiert worden, doch hat die Augenanlage dabei fast gar nicht gelitten. Es findet sich lediglich eine geringe Fältelung der Hornhaut, die aber auch erst unter dem Einfluß der Konservierungsflüssigkeiten entstanden sein kann und in Anbetracht der noch außerordentlich geringen Dicke dieser Membran auch leicht verständlich erscheint.

Die Hornhaut ist nämlich noch so dünn, daß an ihrer dünnsten Stelle, dem Zentrum, in einer Reihe von Schnitten zwischen Epithel und Endothel stellenweise keine einzige Mesodermzelle nachweisbar ist (vgl. Tafel XXV, Fig. 3 und 4). Der an solchen Stellen vorhandene Zwischenraum erscheint nun im mikroskopischen Bilde nicht ganz leer, sondern ist zum Teil von einer nach MALLORY leicht blau gefärbten Masse ausgefüllt, die sich bei schwacher Vergrößerung fast nur als ein bläulicher, hauchartig über die Hornhaut ausgegossener Dunst zu erkennen gibt, aber auch bei stärkerer Vergrößerung zumeist formlos erscheint und nur stellenweise eine sehr zarte fibrilläre Struktur verrät. Diese Substanz ist aber nicht bloß auf solche zellarme Stellen der Hornhaut beschränkt, sondern ist anscheinend ziemlich regellos über die ganze Hornhaut verteilt, aber im allgemeinen direkt unter dem Epithel doch wohl etwas reichlicher als anderswo. An einigen Stellen ist auch ein Zusammenhang der sehr zarten Fibrillen mit den Mesodermzellen der jungen Hornhautgrundsubstanz, ja sogar mit den Endothelzellen nachzuweisen. Unter Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Momente, so besonders des bisherigen Entwicklungsganges, werden wir nicht fehl gehen, wenn wir die geschilderte Substanz, die nur noch zum Teil die Bezeichnung Gewebe verdient, als den bereits deutliche Zeichen von Auflösung verratenden Rest des sog. vorderen Glaskörpers betrachten.

Neben diesen Resten des embryonalen Stützgewebes ist bereits eine von den Mesodermzellen der Hornhaut ausgehende, aber zunächst noch ziemlich spärliche Produktion von Fibrillen nachzuweisen, die sich von jenen durch ihre Glätte, Schärfe und intensive Lichtbrechung auf das deutlichste abheben. Ich sehe vorläufig davon ab, in eine Erörterung

der Beziehungen zwischen den jungen Hornhautfibrillen und den Hornhautzellen einzutreten und verweise in dieser Hinsicht auf das Kapitel »Kollagenes Gewebe« S. 37.

Bezüglich der Anordnung der jungen Hornhautfibrillen offenbart sich schon hier die später noch deutlicher hervortretende und für die ganze nächstfolgende Entwicklungsperiode gesetzmäßige Erscheinung, daß die Fibrillenproduktion in den dem Endothel zunächst befindlichen Hornhautschichten reichlicher ist als in den vorderen.

Das DESCEMETsche Endothel dieses Embryos zeigt einen Entwicklungsgrad, den ich bei keinem andern meiner tierischen und menschlichen Embryonen angetroffen habe.

Es ist fast über der ganzen Hornhauthinterfläche entwickelt und weist nur ganz vereinzelte Lücken auf, die aber nie größer sind als der Flächenraum einer einzigen Endothelzelle. Die Lücken sind durchwegs derart beschaffen, daß von einem Kunstprodukt keine Rede sein kann. Sie befinden sich bemerkenswerterweise stets in der Peripherie der Hornhaut. Das ist auch der Ort, an dem die auch sonst zu konstatierende Unregelmäßigkeit des Endothels ihren höchsten Grad erreicht (vgl. Tafel XXV, Fig. 2 und 3). Die Endothelien sind hier stellenweise absolut nicht von den Mesodermzellen der Hornhautanlage abzugrenzen, sondern sind mit ihnen zu gemeinsamen Zellhäufchen zusammengeschmolzen, die geradezu synzytiale Zellverbände bilden. Die Natur der Endothelzelle offenbart sich an diesen Stellen überhaupt nur in dem Umstande, daß die betr. Zelle in einer Flucht mit den andern einwandfrei erkennbaren Endothelien liegt und mit ihnen zusammenhängt. Zuweilen entsendet eine solche Zelle in der Richtung des Epithels sogar einen konisch geformten Protoplasmafortsatz, der sich an seiner Spitze in Fibrillen vom Aussehen der vorderen Glaskörperfibrillen auflöst (Tafel XXV, Fig. 2 und 3). Die Übereinstimmung einer solchen Zelle mit den Mesodermzellen der Hornhautanlage ist dann noch vollständiger. Zumeist ist aber bereits eine scharfe Abgrenzung der Endothelien von der übrigen Hornhaut durch eine deutlich ausgeprägte Basalmembran durchgeführt (Fig. 4). Im übrigen zeigen aber die Endothelien noch an keiner Stelle der Hornhaut die regelmäßige Anordnung wie in späteren Stadien, sondern sie liegen in verschiedenen Richtungen zur Hornhauthinterfläche zu zweien oder dreien übereinander, wobei sie die verschiedenartigsten Kernformen — runde, ovale, nieren-, keulen- und bocksbeutelähnliche — aufweisen.

Zwischen den so geformten Zellen sind zahlreiche Kernteilungsfiguren nachweisbar.

In der Peripherie geht das Endothel in einen von der Hornhaut- bzw. Skleraanlage bereits ziemlich deutlich unterscheidbaren Haufen von dicht aneinander gelagerten Mesodermzellen über, aus dem bekanntlich später das sklerale Gerüstwerk entsteht.

Bezüglich der Herkunft der Endothelzellen wäre die Frage zu entscheiden, ob sie sich an Ort und Stelle aus den bereits vorhandenen Hornhautzellen herausdifferenzieren oder ob sie, wie beim Hühnchen, von den Seiten über die Hornhaut hinüberwachsen.

Ich glaube, daß diese Frage auf Grund unserer obigen Ausführungen in dem ersteren Sinne zu beantworten ist, und führe als wichtigste Stütze für diese Anschauung die Tatsache an, daß das Endothel zur Zeit seiner ersten Entwicklung gerade in der Peripherie noch die größte Unregelmäßigkeit aufweist, ja stellenweise sogar fehlt. Es steht also dort sozusagen auf einer niedrigeren Entwicklungsstufe als im Zentrum, was nicht zu erwarten wäre, wenn es von der Peripherie seinen Ausgang genommen hätte.

Die zuletzt geschilderten leichteren Unregelmäßigkeiten in der Form und Anordnung der Endothelien sind, wenn auch in ständig abnehmendem Grade, selbst noch bei Embryonen von 30 bis etwa 40 mm Länge zu konstatieren.

Bei einem 65 mm langen Fötus besteht das Endothel dagegen durchwegs aus einer einfachen Lage platter Zellen, deren Aussehen sich von den Endothelien der ausgewachsenen Hornhaut nicht nennenswert unterscheidet.

Auffällige Unterschiede in der Höhe der Endothelzellen bei den verschiedenen Stadien habe ich von dieser Zeit an nicht beobachtet.

Mitosen habe ich auch noch bei Embryonen des 5. Monats angetroffen.

Die erste Anlage der Pupillarmembran.

Die ersten Differenzierungsvorgänge im Bereiche der Pupillarmembran stehen zu der ersten Entwicklung der Hornhautanlage in so engen Beziehungen, daß sie am zweckmäßigsten gleich in diesem Zusammenhange geschildert werden.

Wenn wir in der Fig. 1 auf Tafel XXV die Umgebung der Hornhautanlage und der allerdings artifiziell erzeugten vorderen Augenkammer betrachten, so fällt uns auf, daß sich von dem Becherrande zum vorderen Linsenpol eine zarte Membran hinüberspannt, die wir nach ihrer Lage und Ausdehnung nur als eine Pupillarmembran bezeichnen können. Diese Membran unterscheidet sich aber von dem, was wir im allgemeinen unter Pupillarmembran verstehen, sehr wesentlich. Sie ist nämlich, von der äußersten Peripherie abgesehen, vollkommen

gefäßlos und auch fast kernlos zu nennen. Sie ist fast nur aus sehr feinen langen Fibrillen zusammengesetzt, die am Becherrande sowohl mit den dort befindlichen Mesodermzellen als mit dem Glaskörper zusammenhängen. Im Zentrum ist die Membran mit der Linse innig verbunden, was schon daraus hervorgeht, daß sie bei der Retraktion der Linse mitgefolgt und mit ihr in so engem Kontakt geblieben ist, daß man sie nur bei genauem Zusehen von der noch sehr dünnen Linsenkapsel unterscheiden kann. Die Fibrillen sind außerordentlich weich und zart, z. B. viel zarter als die neugebildeten Hornhautfibrillen und stimmen in ihrem ganzen Aussehen mit Glaskörperfibrillen überein. So lassen uns auch ihr unmittelbarer Übergang in das Glaskörpergewebe, ihr inniger Zusammenhang mit der Linse und endlich unsere Kenntnisse von dem Verhalten des sog. vorderen Glaskörpers bei jüngeren Stadien keinen Augenblick darüber im Zweifel, daß wir in dieser Membran ein Derivat des sog. vorderen Glaskörpers zu erblicken haben.

Besonders beachtenswert scheint mir die Tatsache zu sein, daß das Häutchen im Zentrum mit der Linsenkapsel fest verbunden ist. Sie erscheint selbstverständlich, wenn wir bedenken, daß diese beiden Gebilde eine gemeinsame Genese haben, während sie auf eine andere Weise schwerlich zu erklären wäre.

Diese fibrilläre Anlage der Pupillarmembran ist nun gleichsam die Leitbahn und das Aufhängegerüst für den später einwachsenden vaskulären Anteil. Sie bildet, wie wir noch des weiteren bei der Beschreibung der ausgebildeten Pupillarmembran sehen werden, einen bleibenden integrierenden Bestandteil dieses Organs bis zu seiner vollständigen Rückbildung.

Die Pupillarmembran ist also ein Mischgewebe im reinsten Sinne des Wortes. Und sie verdient diese Bezeichnung um so mehr, als bei dem gleichen Stadium auch Anzeichen einer von den spärlichen Mesodermzellen der Pupillarmembran ausgehenden Fibrillenbildung nachweisbar sind, die aber nach meinen Beobachtungen nie einen besonders hohen Grad erreicht.

Ich bemerke noch, daß das Häutchen, welches ich als die erste Anlage der Pupillarmembran beschrieben habe, vermöge seiner Zartheit bei den leider gewöhnlich unvermeidlichen Schrumpfungsvorgängen nicht selten einreißt, und daß dann der an der Linse haftende Anteil leicht übersehen werden kann. Dies wird auch der Grund sein, weshalb es bis jetzt noch keine Beachtung gefunden hat, und doch ist seine Kenntnis zum vollen Verständnis des normalen und pathologischen Verhaltens der Pupillarmembran ein unbedingtes Erfordernis.

Eines besonderen Hinweises scheint mir auch noch die Tatsache wert zu sein, daß das Gefäßsystem der Pupillarmembran beim Menschen nach den obigen Darlegungen in der Hauptsache erst nach der Bildung des DESCEMETschen Endothels zur Entwicklung gelangt.

Es ist vorher auf die nähere Umgebung des Becherrandes beschränkt, wo wir neben dem anfangs alleinigen Lumen der Ringarterie erst mehrere entstehen sehen, die dann konzentrisch von allen Seiten dem vorderen Linsenpol zustreben (s. Tafel XXVI). Die Ringarterie ist also das Muttergefäß der Pupillarmembran.

Daß diese in mancher Hinsicht völlig neue Darstellung der Entwicklung der Hornhaut und Pupillarmembran beim Menschen auch für die Teratologie dieses Augenabschnittes von Interesse ist und eine exaktere Beurteilung von manchen bisher ganz unklaren kongenitalen Anomalien anzubahnen geeignet ist, sei hier nur kurz erwähnt.

Die Hornhautgrundsubstanz.

I. Das kollagene Gewebe.

Die Bildung der Hornhautgrundsubstanz geht von den Mesodermzellen der Hornhautanlage aus. Wenn auch in den jüngsten bereits beschriebenen Stadien eine gewisse Beteiligung des sog. vorderen Glaskörpers an dem Aufbau des Hornhautgewebes nicht zu verkennen ist, so zeigt sich doch sehr bald, daß es sich dabei um eine rasch vorübergehende und für die weitere Entwicklung belanglose Erscheinung handelt. Diesen Schluß gestattet bereits das Studium der Hornhautentwicklung des zuletzt beschriebenen Embryos von 20 bis 24 mm Länge. Wir sehen dort die Hornhautgrundsubstanz und das DESCEMETsche Endothel auf einer sehr frühen Entwicklungsstufe. Das vorher so mächtige embryonale Stützgewebe ist innerhalb der Hornhautanlage nur noch in Gestalt einer größtenteils form- und strukturlosen Masse nachweisbar. Dagegen beobachten wir bereits die Bildung von einem neuen kräftigen fibrillären Hornhautgewebe, das von den Mesodermzellen der Hornhaut ausgeht und sich von den Resten des embryonalen Stützgewebes durch die größere Dicke und Glätte, durch das stärkere Lichtbrechungsvermögen und durch einen ausgesprochen gewundenen, korkzieherartigen Verlauf seiner Fibrillen ohne weiteres unterscheidet. In seinem Verhalten gegenüber der Färbung nach MALLORY stimmt das neue Gewebe allerdings mit dem embryonalen Stützgewebe überein. Es färbt sich wie dieses blau und hebt sich dadurch von dem roten Protoplasma der Hornhautzellen mit aller Schärfe ab. Die blaue Färbung der neugebildeten Fasern ist zugleich

ein Beweis für ihre kollagene Natur, weil sich das elastische Gewebe nach MALLORY rot färbt. Die Menge des kollagenen Gewebes ist bei dem genannten Stadium noch sehr spärlich, seine Verteilung ebenso wie die der Hornhautzellen anscheinend zwar noch ziemlich regellos, doch ist ein Überwiegen der fibrillären Zwischensubstanz in den hintersten*) Hornhautschichten bereits unverkennbar. Bei beiden Elementen ist die Tendenz einer oberflächenparallelen Lagerung bereits stark ausgesprochen.

Ein nur wenig älteres Stadium, nämlich ein Embryo von 24 mm Scheitelsteiß- und 18 mm Gesamtlänge zeigt uns bereits in jeder Hinsicht beträchtliche Fortschritte (Tafel XXVII, Fig. 1).

Die Dicke der Hornhaut hat wesentlich zugenommen, und zwar ist die Dickenzunahme sowohl auf Rechnung der Hornhautzellen als der fibrillären Zwischensubstanz zu setzen. Zahlreiche allerorts anzutreffende Kernteilungsfiguren (Mitosen) geben Aufschluß über die Art der Zellvermehrung. Die ebenfalls vorzügliche Konservierung dieses Präparates gestattet uns, auch den Beziehungen zwischen den Hornhautzellen und der neugebildeten Grundsubstanz in einer jede mißverständliche Deutung ausschließenden Weise nachzugehen. Sie lassen sich kurz mit den Worten zum Ausdruck bringen, daß wir in diesem Stadium fast noch keine Fibrille finden, die nicht mit einer Hornhautzelle zusammenhinge. Die Abhängigkeit der Fibrillen von den Hornhautzellen äußert sich dadurch allein in offenkundiger Weise. Die Fibrillen imponieren zunächst als die unmittelbare Fortsetzung irgendeines Protoplasmafortsatzes, assen sich aber vielfach entlang der Peripherie des Protoplasmaleibes bis unmittelbar an die Kernmembran heran verfolgen. Sie laufen also eine Strecke innerhalb, dann in der äußersten Peripherie des Zelleibs, um schließlich dessen Fortsetzung zu bilden. Unverkennbar erscheinen die engen Beziehungen der Fibrillen zum Kern der Hornhautzellen. Ihre Abgrenzung von der Kernmembran ist vielfach geradezu unmöglich, und es scheint der Kern zuweilen von einer oder zwei Fibrillen eingescheidet zu sein. Dieses Verhalten erinnert an die analogen Beobachtungen, die DE LIETO VOLLARO und ich über die Beziehungen der elastischen Fasern zu den Kernen der Hornhautzellen gemacht haben.

In der Anordnung der jungen Hornhautgrundsubstanz ist jetzt ein in seinen ersten Grundzügen bereits vorhin angedeutetes System ersichtlich, das für die fötale Hornhaut in der Folgezeit in noch viel ausgeprägterer Form charakteristisch ist.

Die Hornhautzellen sind in den hintersten Schichten zahlreicher und die Bindegewebsbildung ist dort reichlicher als in den vorderen Schichten**). Zugleich ist hinten die

*) Ich gebrauche von jetzt an der Einfachheit halber die Bezeichnungen hinten und vorn in dem gleichen Sinne wie in dem ausgewachsenen Auge.

**) Auffällig ist ferner, daß in Horizontalschnitten durch die Hornhaut in den vorderen Schichten vorwiegend quer- oder schräg-, in den hinteren Schichten dagegen fast ausschließlich längsgetroffene Fibrillen nachweisbar sind.

Anordnung sowohl der Zellen als der Fibrillen eine straffere, ihr Verlauf ausgesprochen oberflächenparallel, und unmittelbar vor dem Endothel eine zwar noch sehr dünne, aber schon bei schwächerer Vergrößerung deutlich hervortretende, nahezu kontinuierliche Fibrillenlage nachzuweisen. Diese Fibrillenschicht erfordert unsere besondere Aufmerksamkeit, weil ihre Lage und Anordnung leicht zu einer irrtümlichen Auffassung ihres Wesens verleiten könnten. Sie liegt nämlich so dicht am Endothel, daß sie streckenweise mit ihm verwachsen zu sein scheint, und man glauben möchte, in ihr die erste Anlage der DESCEMETschen Membran vor sich zu haben. Daß dem aber nicht so ist, kann man an so und so vielen anderen Stellen sehen, wo die Basalmembran des Endothels von der besprochenen Fibrillenlage mit Sicherheit abzugrenzen ist. Übrigens scheint dies in der ganzen Hornhaut erst die einzige Stelle zu sein, an der bereits eine Loslösung der Fibrillen von den Hornhautzellen stattgefunden hat.

Von dem embryonalen Stützgewebe sind nur noch wenig sichere Spuren nachweisbar. Inwieweit die auf Tafel XXVII, Fig. 1 sichtbaren zarten Interzellularbrücken auf solche zu beziehen sind, läßt sich schwer entscheiden.

Föten von 31, 32 und 35 mm Länge zeigen ganz ähnliche Verhältnisse, wie sie eben beschrieben worden sind.

Ich gehe deshalb gleich zur Schilderung eines etwas älteren Stadiums, nämlich eines Fötus von 65 mm, über (Tafel XXVII, Fig. 2).

Die Hornhaut hat bei ihm bereits eine ganz ansehnliche Dicke erreicht. Die vorhin nur angedeutete Einteilung in eine dichtere hintere und in eine lockerere vordere Zone ist hier schon bei makroskopischer Betrachtung in die Augen springend. Die lockere Zone ist aber noch fünfmal so breit als die dichte. Die Zellen zeigen in der dichten Zone eine ganz regelmäßige Anordnung, sind stark abgeplattet und verlaufen streng parallel zur Hornhautoberfläche. Eine Verbindung ihres Protoplasmas mit den Hornhautfibrillen ist zumeist nicht mehr zu erkennen, die Zellen liegen vielmehr in den Interstitien der bereits lamellär angeordneten Bindegewebslagen. Doch ist die fibrilläre Struktur der Grundsubstanz bei der MALLORY-färbung auch hier noch deutlich.

Der Übergang der dichteren in die lockere Zone erfolgt ganz allmählich. Die Auflockerung erreicht in den vordersten Schichten ihren höchsten Grad. Die Zellen zeigen in der vorderen Zone zwar auch eine vorwiegend oberflächenparallele Anordnung, verlaufen aber auch in allen möglichen anderen Richtungen. Die reiche Verästelung des Protoplasmas sowie dessen Zusammenhang mit den Hornhautfibrillen sind hier auch noch im Hornhautquerschnitt zu sehen. Die Menge der fibrillären Zwischensubstanz nimmt von hinten nach vorn beständig ab und ist in den vordersten Schichten äußerst gering.

Das geschilderte Verhalten ist, wie gesagt, für eine gewisse Zeit des fötalen Lebens charakteristisch. Es findet sich noch bei Föten des 4. und 5. Monats mit dem Unterschiede, daß sich das Verhältnis immer mehr zugunsten der dichteren Zone verschiebt. So verhält sich die dichte Zone zur lockeren am Ende des 4. Monats etwa wie 2 zu 3 und im 5. etwa wie 8 zu 1 (Tafel XXVII, Fig. 3). Die lockere Zone ist also im 5. Monat nur noch sehr schmal, ist aber sogar noch einige Zeit nach der Entwicklung der BOWMANschen Schicht nachzuweisen. Gegen das Ende des 6. Monats pflegt dann die Struktur der fötalen Hornhaut mit der des ausgewachsenen Auges im wesentlichen übereinzustimmen.

Mitosen habe ich noch in Hornhäuten von Föten des 5. Monats angetroffen.

Der Grund, warum zuerst die hintersten Hornhautschichten ein festeres und strafferes Gefüge erhalten, dürfte darin beruhen, daß diese in erster Linie den Binnendruck des Auges zu tragen haben. Ein mechanischer Einfluß seitens der Lidentwicklung auf die Hornhautstruktur kommt dagegen beim Menschen meines Erachtens nicht in Frage.

Übergang der Grundsubstanz in die Sklera.

In der Peripherie geht das gesamte Hornhautgewebe in das der Sklera über, ohne daß zunächst (vgl. Tafel XXVIII, Fig. 1) auch nur der geringste Unterschied zwischen skleralem und kornealem Gewebe festzustellen ist. Die Konjunktiva ist bei jüngeren Stadien im Bereiche der Korneo-Skleralgrenze überhaupt noch nicht entwickelt (s. Tafel XXVIII, Fig. 1). Aber auch in späteren Stadien kann zwischen Hornhaut und Sklera ebensowenig eine scharfe Grenze gezogen werden wie im ausgewachsenen Auge.

Die alte Einteilung der Hornhaut in einen kutanen, skleralen und chorioidalen Abschnitt halte ich vom entwicklungsgeschichtlichen Standpunkte aus für überflüssig, ja nicht einmal für gerechtfertigt, weil sich die Hornhaut in ganz spezifischer Weise vollkommen unabhängig aus sich selbst heraus entwickelt, was ich im vorstehenden gezeigt zu haben glaube.

II. Das elastische Gewebe.

Über die Entwicklung der elastischen Fasern der menschlichen Hornhaut sind bis jetzt nur von mir allein mit einigem Erfolg Untersuchungen angestellt worden, deren Ergebnis ich in dem 73. Bd. des Arch. f. Ophth. veröffentlicht habe. Bedauerlicherweise habe ich bisher keine Gelegenheit gefunden, diese Untersuchungen weiter fortzusetzen, sodaß ich mich heute auf ein Referat über meine damaligen Resultate beschränken muß.

Das jüngste Stadium, bei dem ich in der Hornhaut elastische Fasern nachweisen konnte, war ein Fötus vom Anfang des 4. Monats (s. Textfig. 17). Die elastischen Fasern sind aber bei diesem Stadium bereits in einer solchen Menge vorhanden, daß ihr erstes Auftreten in eine wesentlich frühere Entwicklungsperiode verlegt werden muß. Da aber die Entwicklung der kollagenen Fasern selbst erst gegen das Ende des 2. Monats einsetzt, und da ferner die elastischen und kollagenen Fasern schon bei dem vorhin genannten Stadium eine



Fig. 17. Hornhautflachschnitt von einem Fötus des 4. Monats. (Kombinationsbild.)

ebenso innige Durchflechtung und Vermengung wie im ausgebildeten Auge zeigten, so scheint mir der Schluß gerechtfertigt, daß die erste Entwicklung der beiden Gewebselemente zeitlich ungefähr zusammenfallen werde.

Die elastischen Fasern sind bei dem jungen Fötus fast durchgehends noch wesentlich dünner als in älteren Augen. Ihr Verlauf ist zumeist gestreckt und schnurgerade, und nur ihre abgeschnittenen Enden sind haken- oder hirtenstabförmig umgebogen. Bei den meisten elastischen Fasern sind keine Beziehungen zu den Hornhautzellen nachweisbar. Bei einigen ist jedoch ein Zusammenhang mit dem Protoplasma dieser Zellen mit Sicherheit festzustellen, ja zuweilen verläuft noch eine ganze Faser in einer protoplasmatischen Interzellularbrücke

von zwei benachbarten Hornhautzellen. Solche Befunde gestatten den Schluß, daß die betr. elastische Faser aus dem Protoplasma der Hornhautzellen hervorgegangen ist, und legen die Vermutung nahe, daß dies überhaupt die ursprüngliche Entstehungsweise der elastischen Substanz sei ebenso wie der kollagenen. Damit soll natürlich die Möglichkeit einer selbständigen Vermehrung der von den Hornhautzellen emanzipierten Fibrillen nicht bestritten werden.

Bezüglich der Verteilung des elastischen Gewebes über das ganze Hornhautareal ergab sich die bemerkenswerte Tatsache, daß die hintersten Hornhautschichten wesentlich reicher an elastischen Fasern sind als die mittleren und vorderen. In der BOWMANschen Schicht war das Vorhandensein von elastischen Fasern geradezu auszuschließen.

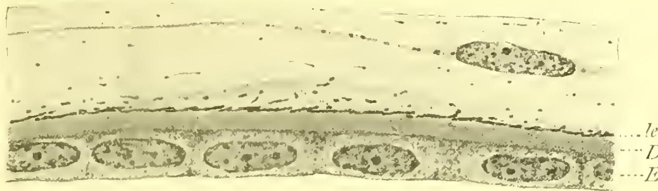


Fig. 18. Die hintersten Hornhautschichten von einem Fötus des 7. Monats.
le = lamina elastica, *D* = DESCEMETsche Membran, *E* = DESCEMETsches Endothel.

Bei einem Fötus vom Anfang des 7. Monats (34,5 cm Länge) fand sich unmittelbar vor der DESCEMETschen Membran eine dünne Schicht von elastischen Fasern, die einen so selbständigen Eindruck erweckte, daß sie mir eine besondere Bezeichnung zu verdienen schien (siehe Textfig. 18). Diese dürfte infolge der einwandfreien elastischen Natur dieser Gewebsschicht am zweckmäßigsten Lamina elastica corneae lauten, während die gewiß nicht elastische DESCEMETsche Membran eine solche Bezeichnung am allerwenigsten verdient.

Das Epithel.

Über die Entwicklung des Hornhautepithels ist nicht viel zu sagen. Es besteht anfangs aus einer einfachen Lage kubischer Zellen und bildet zu dieser Zeit nur einen Teil des Ektoderms der ganzen Körperoberfläche (Tafel IX und X).

Seine Beteiligung an dem Aufbau des fibrillären embryonalen Stützgewebes (sog. vorderen Glaskörpers) ist bereits auf S. 28 u. ff. erörtert worden.

Die ersten Anzeichen einer 2. Epithellage habe ich unter meinem Material*) bei einem 12,7 mm langen Embryo gefunden (Tafel XXIV, Fig. 1). Sie besteht dort aus platten, länglichen Zellen, deren Achse senkrecht zu der der ursprünglichen Epithelschicht verläuft. Die Zellen liegen bei diesem Embryo noch in ziemlich großen Abständen und scheinen erst bei einem 14,5 mm langen Embryo zu einer geschlossenen Lage vereinigt zu sein (Fig. 2). In diesem Zustande verharrt nun das Epithel etwa bis zum 6. Monat. Erst bei Föten dieses Alters sind zwischen den beiden ersten Zellagen Zellen von polyedrischer Form nachweisbar.

Eine 4. Zellschicht finde ich erst bei Neugeborenen entwickelt. Bei einem 4 Monate alten Kinde habe ich dann 5—6 Zellschichten gezählt.

Mitosen sind während des ganzen fötalen Lebens in der Basalschicht des Epithels nachzuweisen.

Die Grenzmembranen der Hornhaut.

I. Die Descemetsche Membran.

Die Frage, ob die DESCEMETsche Membran beim Menschen erst fibrillär oder von vornherein als eine homogene, sog. Kutikularmembran angelegt werde, ist heute noch nicht entschieden; doch steht wohl die Mehrzahl der Autoren auf dem Standpunkte, daß das letztere der Fall sei. Die Anschauung dieser Autoren gründet sich aber weniger auf eingehende embryologische Untersuchungen als auf die bekannte Tatsache, daß dem Endothel die Fähigkeit innewohnt, Glashaut zu bilden. Man schließt daraus, daß die Descemetii von vornherein als ein Ausscheidungsprodukt des Endothels angelegt werde. Die Fähigkeit des Endothels, Glashaut zu bilden, äußert sich nun bekanntlich nicht bloß unter pathologischen — z. B. nach Rupturen —, sondern auch unter physiologischen Verhältnissen. Das zeigt sich einerseits in der allgemeinen Dickenzunahme, die die ganze Descemetii auch noch nach der Geburt erfährt, anderseits in den bekannten lokalen Verdickungen, den sog. Drusen, die bei älteren Leuten in der Peripherie der Descemetii regelmäßig anzutreffen sind.

Dem Studium der ersten Auflage der Descemetii beim Menschen stehen dadurch gewisse Schwierigkeiten entgegen, daß die Hornhaut schon sehr frühzeitig gerade in den hintersten Schichten ein außerordentlich dichtes Gefüge aufweist. Bedenkt man noch, daß die erste An-

*) Auf Tafel XI ist schon bei einem 10 mm langen Embryo eine doppelte Epithellage abgebildet.

lage der Descemetii natürlich sehr dünn ist und sich auch färberisch nicht viel anders verhält als das übrige Hornhautgewebe, so versteht man, warum die Angaben über ihr erstes Auftreten so sehr auseinandergehen. Soll doch die Descemetii nach TREACHER COLLINS bereits in der zehnten Woche, nach FRITZ aber erst im siebenten Monat des fötalen Lebens entstehen.

Ich selbst habe die DESCEMETsche Membran in einer jeden Zweifel ausschließenden Weise zum erstenmal bei einem Fötus von 76 mm Scheitelsteiß- und 100 mm größter Länge gefunden.

Das betreffende Präparat war vor mehreren Jahren zu einem andern Zwecke nach MALLORY gefärbt worden und ist jetzt so stark ausgeblichen, daß die Hornhautgrundsubstanz nur noch blaßblau und die Zellen hellgelb erscheinen. In diesem Präparat nun findet sich unmittelbar nach außen von dem DESCEMETschen Endothel eine außerordentlich dünne, aber ganz deutlich ausgeprägte, homogene, stark lichtbrechende und doppeltkonturierte Membran, die ebenso wie die Zellen hellgelb gefärbt ist und sich dadurch von der blauen Hornhautgrundsubstanz scharf abhebt. Es kann dies nur die DESCEMETsche Membran sein, deren so exakter Nachweis in diesem Falle nur einem Zufall, nämlich der unbeabsichtigten Ausbleichung des Präparates zu verdanken ist. Frisch nach MALLORY gefärbt erscheint nämlich die Descemetii fast ebenso blau*) wie die Hornhautgrundsubstanz und es hält dann selbst bei etwas älteren Stadien schwer, den einwandfreien Nachweis ihrer Existenz zu erbringen. Es scheint aber, daß die Descemetii den blauen Farbstoff des MALLORY-Gemisches weniger anhaltend behält wie die Grundsubstanz. Dies läßt darauf schließen, daß sich die Descemetii und die Grundsubstanz von allem Anfang an histochemisch unterscheiden, und daß sie jedenfalls auch eine verschiedene Genese haben. Bekannt ist ja auch, daß sich die Descemetii noch später mit WEIGERTS Elastinfärbstoff intensiver färbt als die Grundsubstanz.

In der ebenfalls nach MALLORY gefärbten und stark ausgeblichenen Hornhaut eines 65 mm langen Fötus habe ich keine Spur einer Descemetii finden können. Der Zeitraum ihres ersten Auftretens ist somit eng begrenzt. Für die Annahme einer fibrillären Anlage der DESCEMETschen Membran habe ich keine bestimmten Anhaltspunkte ermitteln können. Ich schließe mich deshalb der fast allgemein verbreiteten Ansicht an, daß die Descemetii von vornherein homogen angelegt ist und daß sie dem Endothel ihre Entstehung verdankt. Die Descemetii bleibt während des ganzen fötalen Lebens sehr dünn, ist aber vom 5. Monat ab häufig auch schon bei Anwendung der gewöhnlichen Bindegewebsfärbungen, z. B. VAN GIESON, deutlich von der Hornhautgrundsubstanz zu unterscheiden.

Ihre größte Dicke erreicht die Descemetii erst im extrauterinen Leben.

---

*) Sie hat allerdings einen Stich ins Rötliche.

II. Die Bowmansche Membran.

Die BOWMANsche Membran entwickelt sich von allen Hornhautschichten mit großem Abstand zuletzt. Ich finde sie bei meinem Material zum erstenmal bei einem Fötus von 103 mm Scheitel-Steiß- und 155 mm größter Länge angelegt, kann aber bei manchen älteren Föten (Anfang des 5. Monats) nichts von ihr entdecken.

Wie ich schon kurz erwähnt habe, tritt sie bereits auf, ehe die Lamellierung und Verdichtung der Hornhautgrundsubstanz ihren Weg von den hinteren zu den vorderen Schichten vollendet hat.

Man findet also in solchen Augen direkt unter dem Epithel eine homogene Membran und dahinter eine Schicht ganz lockeren Hornhautgewebes, das allmählich in das dichte Gewebe der mittleren und hinteren Hornhautschichten übergeht (Tafel XXVII, Fig. 3).

Man kann also nicht sagen, daß die BOWMANsche Membran weiter nichts ist, als die zuletzt besonders dicht und homogen gewordene oberflächlichste Schicht der Hornhautgrundsubstanz.

Bevor die BOWMANsche Membran vorhanden ist, läßt kein Anzeichen darauf schließen, daß und wie sie entsteht. Man muß also die Lösung dieses Rätsels an der Hand von solchen Hornhäuten versuchen, in denen sie sich eben entwickelt hat.

Betrachten wir einen nach HELD-VAN GIESON gefärbten Zelloidinschnitt eines solchen Stadiums (Tafel XXVII, Fig. 3), so erscheint die BOWMANsche Membran in jeder Vergrößerung vollkommen homogen und, wie auch später, zarter — etwa rosa — gefärbt wie die Hornhautgrundsubstanz. Dabei ist bemerkenswerterweise trotz ihrer noch sehr geringen Dicke ihre dem Epithel zugewendete Seite intensiver gefärbt als die abgewandte.

Ihre Oberfläche ist vollkommen glatt und von der Basalmembran der Epithelien gut abgrenzbar.

Ihre hintere, der Grundsubstanz zugekehrte Seite ist dagegen unregelmäßig geformt und stellenweise wie angenagt oder ausgehöhlt. Die ganze Membran besitzt also anfangs eine ungleiche Dicke.

Von der Hornhautgrundsubstanz ist sie bei weitem nicht so deutlich abgrenzbar wie von dem Epithel und man kann vielfach beobachten, daß deren Fibrillen an sie herangehen, jedoch ohne daß sie sich in die Membran selbst hinein verfolgen lassen.

Über die histologische Zusammensetzung der Membran kann man sich also in solchen Schnitten ebensowenig ein Urteil bilden wie über ihre Entwicklung.

Um dies zu erreichen, bin ich so vorgegangen, daß ich von einem Fötus, bei dem die BOWMANsche Membran auf dem einen Auge das eben beschriebene Verhalten zeigte, die Hornhaut des anderen Auges in Paraffin einbettete, sie sowohl in Quer- als Flach- bzw. Schrägschnitte zerlegte und sie dann nach verschiedenen Methoden färbte.

Von allen dabei angewandten Färbemethoden hat mir wiederum die MALLORY-Färbung die besten Dienste getan. Während nämlich die BOWMANsche Schicht z. B. nach HELD-VAN GIESON auch jetzt noch vollkommen homogen erscheint, zeigt sie in MALLORY-Präparaten eine ausgesprochen fibrilläre Struktur (s. Tafel XXVII, Fig. 4). Die fibrilläre Struktur ist in einiger Entfernung vom Epithel mit aller Deutlichkeit ausgeprägt, hingegen unmittelbar unter dem Epithel stellenweise nur bei stärkster Vergrößerung mit Mühe nachweisbar. Die Fibrillen sind hier außerordentlich zart und so dicht aneinander gelagert, daß sie schon bei einer nur etwas unscharfen Einstellung wie ein diffuser blauer Farbenton erscheinen und sehr leicht den Eindruck einer homogenen Masse erwecken könnten.

Unter diesen Umständen ist es natürlich schon in diesem Stadium ausgeschlossen, die Herkunft jeder einzelnen Fibrille zu bestimmen, und dies um so mehr, als gerade hier, wie überhaupt in den vordersten Hornhautschichten, sehr viele Fibrillenquerschnitte anzutreffen sind. Doch läßt sich bei vielen Fibrillen der Zusammenhang mit der dahinter befindlichen Hornhautgrundsubstanz mit Sicherheit nachweisen, womit auch ihre Abkunft einwandfrei erwiesen ist. Da außerdem für eine Beteiligung des Epithels an der Fibrillenbildung keine Anzeichen zu entdecken sind, ist das ganze fibrilläre Gewebe genetisch der Hornhautgrundsubstanz zuzurechnen.

Untersucht man die BOWMANsche Membran von etwas älteren Stadien, z. B. einen Fötus des 6. Monats, auf die vorhin angegebene Weise, so zeigt sie auch in MALLORY-Präparaten ein von dem eben beschriebenen grundverschiedenes Verhalten (Tafel XXVII, Fig. 5). Sie erscheint selbst in sehr dünnen und möglichst intensiv gefärbten Schnitten fast vollkommen homogen. Nur gelingt es an ziemlich vielen Stellen, senkrecht aus der Hornhautgrundsubstanz in sie eindringende Fibrillen ziemlich weit durch sie hindurch, ja bis an das Epithel*) heran zu verfolgen und wenigstens auf diese Weise noch einen fibrillären Anteil nachzuweisen. Die große Hauptmasse erscheint aber vollkommen homogen. Nur an einer Stelle von einer ganzen Serie von Schnitten wollte es der Zufall, daß sich sowohl die BOWMANsche Membran als das angrenzende übrige Hornhautgewebe ungewöhnlich intensiv färbten, und hier läßt sich sogar noch bei diesem Stadium fast die ganze BOWMANsche Membran in einen außer-

*) Die Epithelien weisen an den Ansatzstellen der Fibrillen vielfach konische Fortsätze auf und scheinen dort mit den Fibrillen fest verankert zu sein (s. Tafel XXVII, Fig. 5).

ordentlich dichten Filz von feinsten Fibrillen auflösen (s. Tafel XXVII, Fig. 5). An dieser Stelle springt der innige Zusammenhang zwischen Hornhautgrundsubstanz und BOWMANscher Membran besonders deutlich in die Augen.

Die althergebrachte und festeingewurzelte Anschauung, daß die BOWMANsche Membran weiter nichts ist als eine modifizierte Schicht der Hornhautgrundsubstanz, hat demnach auch vom histogenetischen Standpunkte aus ihre volle Berechtigung.

Bei einem Fötus des 7. Monats ist an der BOWMANschen Membran auch vermittels der MALLORYfärbung kein Anzeichen einer Struktur mehr nachzuweisen und die ganze Membran von der eines ausgewachsenen Auges nicht mehr zu unterscheiden.

Durchsichtigkeit, Form und Größenzunahme der fötalen Hornhaut.

Man kann selbst in neueren ophthalmologischen Abhandlungen dann und wann noch die Bemerkung finden, daß die fötale Hornhaut erst im 4. Monat durchsichtig sei, eine Angabe, deren Ursprung, wenn ich nicht irre, bis auf v. AMMON zurückgeht. Ich möchte dazu nur kurz bemerken, daß die Hornhaut zweifellos von Anfang an und während des ganzen intrauterinen Lebens durchsichtig ist. Ich habe darüber allerdings keine systematischen Untersuchungen angestellt und mich z. B. auch nicht entschließen können, zu diesem Zwecke vor der Einbringung der Föten in die Fixierungsflüssigkeiten die von der Mitte des 3. Monats bis in den 5. Monat hinein fest geschlossenen Lider abzutragen, trage aber trotzdem kein Bedenken, die obige Behauptung aufzustellen, da ich einerseits die Hornhaut, so oft ich sie im fötalen Zustand zu Gesicht bekommen habe, stets durchsichtig gefunden habe, und da ihre Struktur von Anfang an im Prinzip derartig festgelegt ist, daß nicht einzusehen wäre, warum ihre Transparenz vorübergehend aufgehoben sein sollte.

Die Krümmung bzw. Wölbung der fötalen Hornhaut ist aus den Abbildungen auf den Tafeln XIX bis XXIII zu ersehen. Doch sind Beobachtungen an gehärteten Präparaten selbstverständlich nur von beschränktem Werte. Das gilt besonders von Paraffinobjekten, die nicht selten trotz aller angewandten Vorsicht erhebliche Formveränderungen der Hornhaut aufweisen, wie sie z. B. auf Tafel XIX in Fig. 1 und 3 zu sehen sind. Ziemlich

einwandfrei sind dagegen die Objekte zu Tafel XX und XXII (Zelloidinpräparate!). Die Hornhaut erscheint dort sehr flach und sie bleibt dies nach meinen Beobachtungen bis zur vollständigen Bildung der vorderen Augenkammer, also etwa bis zum 6. Monat. Exakte Messungen über die Krümmungsverhältnisse der fötalen Hornhaut habe ich aber nicht angestellt.

Die Form der fötalen Hornhaut stimmt nach meinen Erfahrungen frühzeitig mit der des ausgewachsenen Auges überein. So habe ich den vertikalen Meridian vom 4. Monat an stets etwas kürzer gefunden als den horizontalen. Föten des 3. Monats habe ich daraufhin nicht beobachtet, weil ich bei diesen stets die Augen im Zusammenhang mit den Lidern geschnitten habe. Ich halte es aber für möglich, daß die Hornhaut in diesem Stadium eine Zeitlang rundlicher erscheint, weil ihre Verkürzung im vertikalen Meridian bekanntlich vorzugsweise durch das weitere Hereinreichen der Bindehaut bedingt ist, die Bindehaut aber erst während des 3. Monats die Korneo-Skleralgrenze erreicht.

Über die Größenzunahme der Hornhaut habe ich bereits früher Untersuchungen angestellt und deren Ergebnis im 68. Bande des Archivs für Ophthalmologie S. 336 tabellarisch geordnet veröffentlicht. Ich glaube mich deshalb heute auf einige summarische Angaben beschränken zu dürfen.

Der horizontale Hornhautdurchmesser wächst im Verlaufe des 3. Monats von 0,8 mm auf etwa 2,2 mm an, wird also nahezu verdreifacht.

Im 4. fötalen Monat erreicht er eine Ausdehnung von etwa 4,8 mm, im 5. Monat von 5,5 mm, im 6. Monat von etwa 6 mm, im 8. Monat von etwa 7,5 mm, beim Neugeborenen von etwa 9,5 mm.

Der vertikale Durchmesser ist schon vom 5. Monat an ungefähr um 0,5 bis 0,7 mm kleiner als der horizontale. In jüngeren Stadien habe ich ihn nicht gemessen.

Ich habe auch die Dicke der Hornhaut in den verschiedenen Stadien bestimmt, sehe aber von der Anführung von Zahlen ab, weil mir diese Resultate zu sehr von der Art der Fixierung, Härtung und Einbettung beeinflußt zu sein scheinen, als daß sie die natürlichen Verhältnisse einigermaßen einwandfrei wiederzugeben vermöchten. Hingegen scheint mir von Interesse zu sein, daß die Hornhaut im Zentrum von Anfang an regelmäßig etwas dünner ist als in der Peripherie.

Die Iris und das Corpus ciliare.

Von R. Seefelder.

Die Entwicklung der Iris und des Corpus ciliare ist von jeher zum Gegenstand zahlreicher und erfolgreicher Forschungen gemacht worden und bildet zweifellos eines der reizvollsten, wenn nicht das reizvollste Kapitel in der Entwicklungsgeschichte des Auges. Ich nenne hier eine Reihe von Namen der verdientesten Forscher auf diesem Gebiete: van Duyse, Elschnig, Forsmark, Grynfellt, Heerfordt, Herzog, Lauber, v. Michel, Nussbaum, Retzius, A. von Szily und Wolfrum und bekenne gerne, daß mir ihre hervorragenden Arbeiten meine Aufgabe ungemein erleichtert und gefördert haben.

Anderseits glaube ich aber auch erwähnen zu dürfen, daß das, was ich heute den Fachgenossen vorlege, durchwegs das Ergebnis eigener Forschungen ist, die ausschließlich an meinem eigenen Material ausgeführt worden sind.

Es liegt auf der Hand, daß auf einem so eifrig und von so bedeutenden Autoren bearbeiteten Gebiete neue Entdeckungen von prinzipieller Wichtigkeit nicht auf der Straße liegen, und ich verkenne nicht, daß meine Ausführungen in der Hauptsache nur eine in eine etwas andere Form gekleidete Bestätigung bekannter Tatsachen darstellen. Immerhin dürften sie auch manches Neue enthalten, das als eine Ergänzung und Vervollständigung des bereits Bekannten dienen möge.

Der besseren Übersicht halber habe ich meine Darstellung in einen allgemeinen und einen speziellen Abschnitt eingeteilt. Der erstere gibt vor allem eine chronologisch geordnete Übersicht über die Entwicklung der Iris und des Ziliarkörpers, während in dem zweiten die spezielle Entwicklung der einzelnen Organe besprochen wird. Leider waren bei dieser Stoffanordnung, falls nicht der allgemeine Teil zu trocken ausfallen sollte, gewisse Wiederholungen nicht zu vermeiden.

Chronologisch geordnete Übersicht über die Entwicklung der Iris und des Corpus ciliare.

Die Iris geht bekanntlich aus dem Augenbecherrande (Ektoderm) und dem zwischen dem Augenbecherrande und dem Epithel befindlichen Kopfmesoderm hervor. Aus dem ersteren entwickelt sich das Pigmentepithel und die Muskulatur (Sphinkter und Dilatator), aus dem letzteren das Stroma der Iris.

Primitives Stadium.

Die Entwicklung der Iris beginnt verhältnismäßig spät. So zeigt der Augenbecherrand noch geraume Zeit, nachdem bereits eine Differenzierung des Mesoderms in Hornhaut und Pupillarmembran erfolgt ist, den bekannten primitiven embryonalen Bau. Die Netzhaut und das Pigmentepithel gehen an seiner Stelle unmittelbar in einander über. Die mesodermale Irisanlage bildet die direkte Fortsetzung der Pupillarmembran. Von einer eigentlichen Iris kann zunächst noch nicht die Rede sein. Dieser Entwicklungsgrad der Iris ist in Fig. 1, Tafel XIX und XXV und 1—7 auf Tafel XXVI veranschaulicht. Er findet sich also noch bei Föten vom Anfang des 3. Monats.

Der mesodermale Anteil des Corpus ciliare besteht zu dieser Zeit aus einem dichten Haufen von Zellen mit schmalen, ovalen, länglichen Kernen, die sich in der Verlängerung der Pupillarmembran zwischen der Sklera und dem Pigmentepithel nach hinten (stielwärts) fortsetzen und zunächst noch keine Differenzierung erkennen lassen.

3. Monat.

Der nächste Fortschritt in der Entwicklung dieser Gegend betrifft weniger die Iris als das Corpus ciliare (s. Fig. 1 auf Tafel XXVIII).

Ziliares Epithel (pars coeca retinae).

Er besteht darin, daß die Netzhaut gleichsam vom Pupillarrand nach hinten rückt, und daß an ihre Stelle ein hohes unpigmentiertes zylindrisches Epithel tritt. Nach Rabl und von Lenhossék handelt es sich dabei um ein direktes Auswachsen des Epithels aus dem Becherrande.

Die dem unpigmentierten Epithel gegenüberliegenden Pigmentepithelien zeigen ebenfalls eine sehr hohe, zylindrische Gestalt und einen so schlanken Bau, daß die Kerne nicht nebeneinander Platz finden, sondern in mehreren Reihen übereinander liegen.

Die Abgrenzung des unpigmentierten Epithels von der Pars optica Retinae bleibt zunächst ganz unscharf. Eine Faltung ist anfänglich weder im Bereiche des äußeren noch des inneren Blattes nachzuweisen.

Sinus annularis. Am Becherrande ist ein von den beiden Epithelblättern umgrenzter kleiner Hohlraum, der von v. Szily zuerst beschriebene Ringsinus, nachzuweisen. Er ist im mikroskopischen Bilde zumeist leer und enthält nur zuweilen einige aus der epithelialen Wandung ausgewanderte Zellen, die aber ganz anders aussehen als Epithelien (Tafel XXXIV, Fig. 1). Sein Vorhandensein ist aber in diesem Entwicklungsstadium noch nicht konstant. So besitze ich z. B. Präparate von Embryonen des 2. und 3. Monats, in denen er gar nicht oder nur teilweise vorhanden ist (vgl. z. B. Tafel XXIV, Fig. 2). Solche Beobachtungen sprechen natürlich gegen die Ansicht, das der Ringsinus als ein Rest der primären Augenblasenhöhle aufzufassen sei.

Processus ciliares. Schon bald nach dem ersten Auftreten des ziliaren Epithels zeigt sich die erste Anlage der Processus ciliares in Gestalt von leichten Fältelungen des Pigmentepithels, die von Gefäßen ausgefüllt werden (Tafel XXVIII, Fig. 2: Fötus aus der 2. Hälfte des 3. Monats). Die Ausdehnung des ziliaren Epithels ist gleichzeitig etwas größer geworden, doch beschränkt sich die Fältelung anfangs ausschließlich auf das Pigmentepithel.

4. Monat. Irisentwicklung. Eine wesentliche Änderung tritt in der weiteren Entwicklung erst mit dem Zeitpunkt ein, in dem sich eine aus dem Becherrande frei hervorstehende Iris entwickelt hat, was erst im Verlaufe des 4. Monats geschieht (Tafel XXVIII, Fig. 3). In diesem Stadium, manchmal aber auch schon wesentlich früher, finden wir auch die Fältelung des Epithels stärker als bei dem vorigen Stadium und auch auf das unpigmentierte Epithel ausgedehnt.

Musculus sphinkter. Es folgt nunmehr der wichtigste Abschnitt der Irisentwicklung, nämlich die Differenzierung des Musculus sphinkter aus dem Epithel am Becherrande. Sie erfolgt ebenfalls im Verlaufe des 4. Monats. So hat v. Szily die ersten Anzeichen der Sphinkterentwicklung schon bei einem Fötus von 10 cm Länge gefunden. Zeitliche individuelle Verschiedenheiten spielen aber zweifellos hier ebenso wie bei allen möglichen anderen Entwicklungsprozessen eine bedeutende Rolle.

Der Schilderung der Sphinkterentwicklung habe ich ein besonderes Kapitel gewidmet, auf das hier verwiesen sei (S. 57 u. ff.). Ein schon recht gut entwickelter Sphinkter ist in den Figuren 4 und 5 auf Tafel XXVIII zu sehen. Die Länge dieses Fötus betrug in gestrecktem Zustande 18 cm. Der tief in das Pigmentepithel eingegrabene Muskel hat schon die charakteristische Gelbfärbung nach van Gieson angenommen. Der sogenannte Michelsche Pigmentsporn ist an dieser Stelle sehr deutlich ausgeprägt. Selbst ohne Kenntnis jüngerer Entwicklungsstadien müßte der innige Zusammenhang zwischen Sphinkter und Epithel und die scharfe Abgrenzung des Muskels von dem Stroma darauf hinweisen, daß der Muskel aus dem Epithel hervorgegangen ist. Wir sehen ferner, daß das Irisareal größer geworden ist, daß die Fältelung der beiden Epithellagen sich auch auf die Iris erstreckt, und daß die Processus

ciliares höher und reicher gegliedert sind als bei dem vorigen nur wenig jüngeren Stadium. Innerhalb der Mesodermzellen, die wir vorhin als die Anlage des Musculus ciliaris bezeichnet und beschrieben haben, sind nunmehr auch deutliche, aber nur rein meridional verlaufende Muskelfibrillen nachzuweisen. Da mir der Nachweis dieser Muskelfibrillen bei wesentlich jüngeren Stadien nicht gelungen ist, dürfte die erste Differenzierung dieses Muskelabschnittes in die 2. Hälfte des 4. Monats zu verlegen sein. **Musculus ciliaris (meridionale Portion).**

Der 5. Monat bringt eine erheblichere Flächenentwicklung der ganzen Iris und vor allem auch des Sphinkter (Tafel XXIX, Fig. 1 und 2). Vom Dilatator ist dagegen im 5. Monat noch kein Anzeichen nachzuweisen. Das ziliarwärts vom Sphinkter befindliche Pigmentepithel zeigt einen hohen zylindrischen Bau, enthält aber noch keine Spur von Muskelfibrillen. **5. Monat.**

Die Processus ciliares rücken im Verlaufe des 5. Monats allmählich an die Iriswurzel heran, doch kann man sie zuweilen auch noch bei älteren Stadien auf der Irishinterfläche antreffen. Die Größe und Gliederung der Ziliarfortsätze nimmt erheblich zu, so daß an vielen Stellen eine Verklebung ihrer epithelialen Bekleidung erfolgt und in Meridionalschnitten häufig ein nicht ohne weiteres zu entrollender Wirrwarr von Ziliarfortsätzen anzutreffen ist. Der Ziliarmuskel wird ebenfalls mächtiger, besteht aber nach wie vor ausschließlich aus meridional verlaufenden Fasern. Bemerkenswert ist noch, daß die Netzhaut (pars optica retinae), die noch zu Beginn des 5. Monats bis an die Processus ciliares heranreichte, im Verlauf dieses Monats allmählich nach hinten rückt und damit zur Entwicklung der Pars coeca retinae bzw. des Orbiculus ciliaris Veranlassung gibt. **Orbiculus ciliaris.**

Im 6. Monat schreitet die Flächenentwicklung der Iris rüstig fort. Aber auch sonst tritt eine Reihe von sehr eingreifenden Veränderungen auf. Der bis dahin zumeist als eine geschlossene Masse imponierende Sphinkter erscheint jetzt durch Gefäße und durch Pigmentepithelzapfen durchbrochen und somit in Meridionalschnitten in mehrere Abschnitte zerfallen (Tafel XXIX, Fig. 3 und 4). Durch die Einsprossung der Gefäße wird die Entwicklung des Sphinkterkapillarsystems, durch die Bildung der Epithelzapfen bzw. Vorsprünge und durch die Loslösung und aktive Wanderung von Epithelzellen die Entstehung der sogenannten Klumpenzellen eingeleitet, deren ektodermale Genese von LAUBER und ELSCHNIG dargetan worden ist. **6. Monat. Teilung des Sphinkter. Sphinkterkapillaren. Pigmentsporne. Klumpenzellen.**

Die wichtigste Veränderung der Iris im 6. Monat besteht in der Entwicklung des Dilatators, die gegen die Mitte dieses Monats einsetzt und ebenfalls (S. 60 u. ff.) in einem eigenen Kapitel beschrieben worden ist. **Dilatator.**

Eine besondere Erwähnung verdient endlich noch die gleichfalls im 6. Monat erfolgende Änderung in den Beziehungen zwischen dem Pupillarrand der Iris und der Ansatzstelle der Pupillarmembran. Letztere wird nämlich von dem Pupillarrand weiter **Änderung des Ursprungs der Pupillarmembran.**

ziliarwärts auf die Vorderfläche der Iris verlegt, und zwar geschieht dies einfach durch eine Resorption des zwischen dem pupillaren Irisende und der Pupillarmembran befindlichen Mesoderms.

Pupillare Iriskrypte.

Es entsteht so zwischen den beiden ein Spaltraum, dessen Ausdehnung gewissen individuellen Schwankungen unterworfen ist. Man kann diese Lücke auch als eine Bucht oder als eine Krypte bezeichnen und damit gleich zum Ausdruck bringen, daß durch den genannten Resorptionsvorgang die Bildung der pupillaren Iriskrypte eingeleitet wird, wenn überhaupt eine solche entsteht, was nicht jedesmal der Fall zu sein scheint. Im folgenden werden wir sehen, daß auch die Entstehung der übrigen Iriskrypten auf einen umschriebenen Resorptions- oder Rückbildungsvorgang von Irismesoderm zurückzuführen ist.

Ringsinus.

Der Ringsinus des Pupillarrandes der Iris pflegt im 6. oder 7. Monat zu obliterieren, ist aber zuweilen auch noch später anzutreffen. Er erscheint bei Föten des 4. und 5. Monats gewöhnlich viel größer als im 3. Monat, doch kann man zumeist nicht entscheiden, wie viel von der Vergrößerung als Kunstprodukt und wie viel als Wirklichkeit aufzufassen ist. Immerhin ist an der Tatsache seiner Vergrößerung nicht zu zweifeln.

Zirkuläre Portion des Musculus ciliaris.

Im Bereiche des Ziliarmuskels konstatieren wir im 6. Monat zum erstenmal das Auftreten von zirkulär verlaufenden Muskelbündeln teils an der Innenseite der meridionalen Portion, teils innerhalb des zwischen dem uvealen Gerüstwerk der Kammerbucht und den Ziliarfortsätzen befindlichen Mesoderms, wo sie sich zuweilen außerordentlich weit nach vorne erstrecken und nahezu an die Iriswurzel heranreichen. Die zirkuläre Muskelportion reicht also im Gegensatz zu später zunächst viel weiter nach vorne als die Ansatzstelle der meridionalen, ein Zustand, den ich seinerzeit als die fötale Konfiguration des Ziliarmuskels bezeichnet habe. (Vergleiche auch den Abschnitt Kammerbucht, S. 69 u. ff.)

Uveales Gerüstwerk.

Als eine Eigentümlichkeit dieser Gegend im fötalen Leben ist auch der Umstand anzusehen, daß die vordere Ansatzstelle des meridionalen Muskelabschnittes am Skleralsporn und an den Fasern des skleralen Gerüstwerks verhältnismäßig weit ab vom freien Kammerlumen liegt, weil der dazwischen liegende Raum zu dieser Zeit von dem uvealen Gerüstwerk eingenommen wird. In der Höhe dieses Gerüstwerks liegt die Hauptmasse der Processus ciliares. Durch diese verschiedenen Umstände hat das Corpus ciliare im fötalen Leben ein eigentümlich plattes, zusammengedrücktes Aussehen, das es zuweilen noch bis in den 8. fötalen Monat hinein beibehält. (S. Tafel XXIX, Fig. 1—4 und Textfig. 25—31, S. 55.)

7. Monat.

Im 7. Monat ändert sich das Verhalten der Iris und des Corpus ciliare verhältnismäßig wenig. Erst gegen das Ende dieses Monats treten im Bereiche der Kammerbucht eingreifendere Veränderungen auf, die Kammer vertieft sich, das uveale Gerüstwerk zeigt deutliche Rückbildungserscheinungen, der Abstand zwischen Ziliarmuskel und freiem Kammerlumen

wird dadurch geringer. Die anfangs ziemlich isoliert stehenden Bündel der zirkulären Portion des Ziliarmuskels gruppieren sich mehr und mehr zu einem geschlossenen Ganzen, doch kann die vorhin beschriebene fötale Konfiguration der Kammerbucht und des Ziliarmuskels auch noch bei Föten des 8. Monats in ganz ausgesprochener Weise vorhanden sein. (Vgl. Textfig. 31, S. 55.)

8. Monat.

Im 8. *fötalen Lebensmonat* vollzieht sich vor allem die *Rückbildung der Pupillarmembran*, der die Resorption der Membrana capsulo-pupillaris und capsularis vorausgeht. Mit der Resorption der Pupillarmembran ändert sich naturgemäß auch das Aussehen des pupillaren Abschnittes der Irisoberfläche ganz erheblich. Die Ansatzstelle der Pupillarmembran, deren Lage, wie gesagt, gewissen individuellen Schwankungen unterworfen ist, aber zumeist ungefähr mit dem ziliaren Sphinkterende übereinstimmen dürfte, bleibt das ganze Leben hindurch als ein kleiner Vorsprung erkenntlich. Man findet dann gewöhnlich in Meridionalschnitten innerhalb des Vorsprungs einen kleinen Gefäßquerschnitt, der der sogenannten *Iriskrause* bzw. dem kleinen Iriskreise entsprechen dürfte, während der *circulus arteriosus major* bekanntlich aus dem Ringgefäß hervorgeht. Ungefähr gleichzeitig mit dem Verschwinden der Pupillarmembran wird die Pupille, die bis dahin ständig an Weite zugenommen hat, merklich enger. Die vordere Augenkammer und Kammerbucht vertiefen sich im 8. Monat, womit auch eine Verbreiterung des bis dahin sehr flachen Corpus ciliare einhergeht. Der Dilatator erreicht gegen das Ende des 8. Monats nahezu die gleiche Mächtigkeit wie im ausgewachsenen Auge.

Iriskrause (circulus arteriosus iridis minor).

9. Monat.

Iriskrypten.

Im 9. Monat finden wir die Pupillarmembran — von spärlichen, häufig auch noch im Neugeborenenauge anzutreffenden Resten abgesehen — resorbiert. Gleichzeitig mit der *Rückbildung* der Pupillarmembran oder etwas später findet zuweilen auch an anderen Stellen der Iris, und zwar besonders an der Iriswurzel, eine Resorption von Irisstroma statt, die sich manchmal fast durch die ganze Irisdicke hindurch bis auf das Pigmentepithel bzw. den Dilatator Iridis erstrecken kann. Auf diese Weise entstehen die sogenannten *Iriskrypten*, die im fötalen Auge ebenso wie im ausgewachsenen Organ sowohl an Zahl als an Tiefe beträchtlich variieren können. Eine besonders kryptenreiche Iris eines neunmonatigen Fötus ist in Fig. 4 auf Tafel XXXIII abgebildet.

Chromatophoren.

Eine der letzten Phasen in der Irisentwicklung besteht darin, daß ein großer Teil der Irisstromazellen sternförmig verästelte Protoplasmafortsätze treibt und Pigment bildet. Der Zeitpunkt, zu dem dies geschieht, scheint ebenfalls stark zu variieren. Ich habe die ersten Anzeichen der Stromapigmentierung bei Föten des 9. Monats beobachtet, aber vereinzelt schon in den Augen von Neugeborenen eine recht beträchtliche Irispigmentierung gefunden. Das Pigment ist anfangs außerordentlich licht (strohgelb) und sehr fein granuliert (Tafel XXXIII, Fig. 6) und wird erst später dunkler und grobkörniger.

Größenzunahme der Iris.

Das Wachstum der Iris könnte meines Erachtens nicht einfacher und anschaulicher dargestellt werden, als es durch die folgenden Textfiguren geschieht, die ich sämtlich bei genau der gleichen, nämlich 50fachen Vergrößerung mit Hilfe des mir von Herrn Geheimrat RABL freundlichst zur Verfügung gestellten LEITZschen Projektionszeichenapparates angefertigt habe. In die Zeichnungen sind nur die Umrisse der Iris und des vorderen Abschnittes des Ziliarkörpers aufgenommen worden. Die Skleralgrenze bzw. die hintere Hornhautwand ist durch eine Linie markiert, die möglichst genau die Form dieser Grenzfläche wiedergibt. Dadurch ist auch die Form des Corpus ciliare deutlich zum Ausdruck gebracht. Leider kann dies nicht durchgehends von der der Kammerbucht behauptet werden, weil ich aus naheliegenden Gründen für diese Zeichnungen Schnitte gewählt habe, in denen durchwegs eine Vorderkammer vorhanden war, die normalerweise bekanntlich erst im 5. Monat in Erscheinung tritt. Bei den jungen Stadien (3. Monat) kann die Grenze zwischen Corpus ciliare und Sklera wegen der unvollkommenen Differenzierung dieser beiden Gebilde nur ungefähr angegeben werden. Eine nähere Erläuterung der Textfiguren dürfte sich erübrigen, da sich alles Wissenswerte aus den Figuren selbst ergibt oder direkt unter ihnen angegeben ist.



Fig. 19. Fötus von 76 mm größter Länge (Mitte des 3. Monats). Die Figur entspricht der Fig. 1 auf Tafel XXVIII.

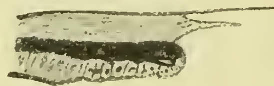


Fig. 20. Fötus von 80 mm größter Länge (Ende des 3. Monats). Die Figur entspricht der Fig. 2 auf Tafel XXVIII.



Fig. 21. Fötus von 153 mm größter Länge (4. Monat). Von diesem Fötus stammen die Figuren 1 und 2 auf Tafel XXX, ferner Tafel XXIII.



Fig. 22.



Fig. 23.

Föten von 170—180 mm größter Länge (Ende des 4. Monats). Fig. 23 entspricht der Fig. 4 auf Tafel XXVIII.

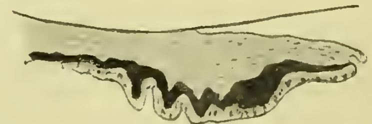


Fig. 24. Fötus von Anfang des 5. Monats. Länge unbekannt.

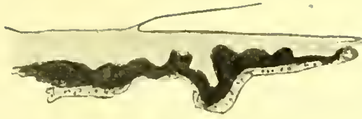


Fig. 25. Fötus 5. Monat. Länge unbekannt.



Fig. 26. Fötus Mitte 5. Monats von 210 mm größter Länge.



Fig. 27. Fötus 6. Monat. Länge unbekannt.

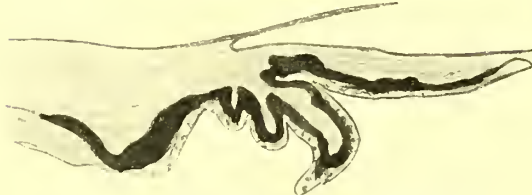


Fig. 28. Fötus 6. Monat. Länge unbekannt.



Fig. 29. Fötus vom Ende des 6. Monats. 300 mm größte Länge.
Von diesem Fötus stammt Fig. 2 auf Tafel XXXIV.



Fig. 30. Fötus vom Anfang des 7. Monats. 340 mm größte Länge.
Entspricht der Fig. 4 auf Tafel XXIX, Fig. 1 und 2 auf Tafel XXXIII und Fig. 1 auf Tafel XXXII.

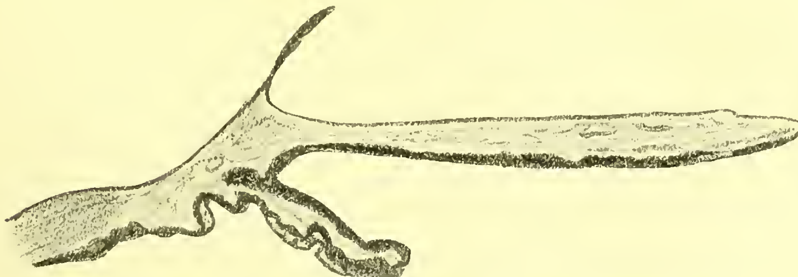


Fig. 31. Fötus vom Anfange des 8. Monats. 400 mm größte Länge.



Fig. 32. Fötus 8. Monat. 420 mm größte Länge.



Fig. 33. Fötus 9. Monat. 450 mm größte Länge. Entspricht der Fig. 4, Tafel XXXIII.

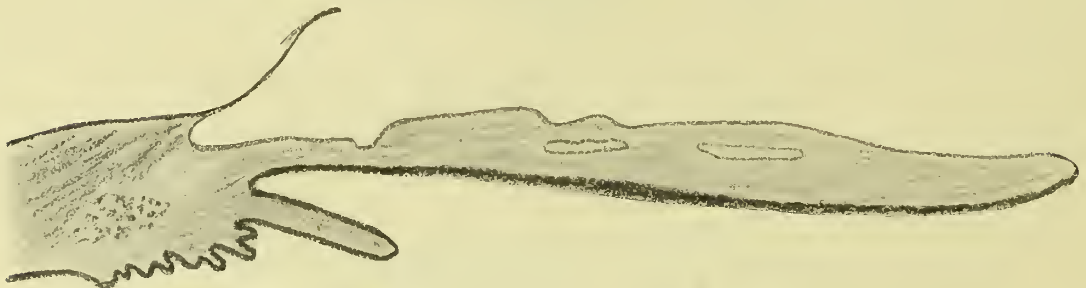


Fig. 34. Ausgetragene Frucht. 500 mm größte Länge.

Zu den Figuren bemerke ich noch, daß ich die betreffenden Präparate aus einem größeren in meinem Besitze befindlichen Material ausgewählt, und daß ich dabei mit Absicht darauf geachtet habe, daß eine ständig aufsteigende Stufenfolge zu beobachten ist. Ich muß aber betonen, daß auch in der Größenzunahme der Irisfläche erhebliche individuelle Verschiedenheiten vorkommen können derart, daß beispielsweise einmal das Irisareal eines etwas jüngeren Fötus größer erscheinen kann als das eines älteren. Ebenso kann die Irisdicke beträchtlich variiern, wobei auch das Härtungs- und Fixierungsverfahren von Einfluß sein wird.

Das Verhalten der Pupillenweite während der Entwicklung.

Jeder, der viele Embryonen und Föten aufmerksam betrachtet hat, wird die Beobachtung gemacht haben, daß die Größe des Pupillarloches während der Entwicklung fast in ständiger Zunahme begriffen ist. In einer früheren Arbeit habe ich denn auch durch möglichst genaue Messungen dargetan, daß diese Beobachtung auf keiner optischen Täuschung beruht. Die größte Pupillenweite konnte ich bei einem Fötus von 34,5 cm feststellen; sie betrug 5,3 mm. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß das Wachstum der Iris nicht mit dem des ganzen Bulbus gleichen Schritt hält, und daß ferner bis zu einem gewissen, in eine recht späte Entwicklungsperiode fallenden Zeitpunkt kein Vorwärtswachsen der Iris auf der Linsenvorderfläche, sondern im Gegenteil ein konzentrisches Rückwärtsgleiten stattfindet. Eine Verkleinerung der Pupillaröffnung findet erst vom 8. fötalen Monat an statt. So bewegte sich die Pupillenweite bei meinen Föten des 8. Monats zwischen 4—5 mm, während sie bei Neugeborenen manchmal noch erheblich weniger, 3,0—3,5 mm, beträgt. Als Erklärung dieser etwas auffälligen Tatsache habe ich seinerzeit die Vermutung ausgesprochen, daß die Pupillenverkleinerung möglicherweise durch eine tonische Kontraktion des Sphinkter bedingt sein könne, und daß diese vielleicht gerade deswegen in den genannten Zeitabschnitt falle, weil in ihm die Pupillarmembran zur Resorption gelangt.

Die **Form der Pupille** ist bei ganz jungen Stadien (s. Textfig. 8, S. 10 und Erläuterungen zu Tafel XXIV) ungefähr viereckig und wird erst etwas später (s. Tafel XXV) kreisförmig.

Die spezielle Entwicklung der Iris.

I. Der Musculus Sphinkter.

Die allererste Entwicklung des Sphinkter iridis scheint sich nach meinen Beobachtungen ein wenig anders darzustellen, als nach den zurzeit vorliegenden Beschreibungen. Doch handelt es sich nicht um Verschiedenheiten von prinzipieller Bedeutung, sondern mehr um Modifikationen, deren Feststellung mir in erster Linie durch die angewandte Färbemethode, nämlich die HELDsche Molybdänhämatoxylin-Färbung, ermöglicht worden ist.

Die gleiche Methode hat mir auch beim Studium der Dilatatorentwicklung ausgezeichnete Dienste getan. Nur muß man sich bei der Differenzierung der stark überfärbten Schnitte (ich lasse sie 2—3 Tage bei Brutschranktemperatur in der Farblösung) der sogenannten PAL-schen Modifikation bedienen *). Die Muskelfibrillen erscheinen dabei, wenn das Differenzierungsverfahren rechtzeitig abgebrochen wird, in tiefblauschwarzer Farbe und heben sich von ihrer lichten Umgebung mit einer Schärfe ab, wie sie kaum durch eine andere Methode erreicht, geschweige denn übertroffen werden dürfte.

Mit Hilfe dieser Methode ist es mir nun gelungen, in den Zellen des Becherrandes Muskelfibrillen bereits zu einer Zeit nachzuweisen, in der die betreffenden Zellen wenigstens in Meridionalschnitten **) fast noch ein epitheliales Aussehen besaßen und auch noch keine auf eine Sphinkterbildung hinweisende Gruppierung zeigten. Dieses Stadium ist in der Figur 1
Fötus 15,3 cm auf Tafel XXX dargestellt. Der betreffende Fötus hatte eine Länge von 15,3 cm. Die Sphinkterentwicklung ist bei ihm an verschiedenen Stellen des Pupillarrandes verschieden weit vorgeschritten. Ja in manchen Schnitten ist auf der einen oder anderen Seite überhaupt noch keine Muskulatur zu sehen. An anderen Stellen ist dagegen ein höherer Entwicklungsgrad erreicht als der in Figur 1 abgebildete. Auf solche örtliche Verschiedenheiten hat meines Wissens zuerst LAUBER aufmerksam gemacht.

Der Pupillarrand in Figur 1 ist, wie der Kundige ohne weiteres sieht, ziemlich schräg getroffen. Der Schnitt geht auch nicht durch das Zentrum der Pupille, weshalb die Iris breiter erscheint als in Wirklichkeit (s. Textfig. 3, S. 21). Die Muskelfibrillen, die im Querschnitt natürlich als Punkte erscheinen würden, wie z. B. in der Figur 1 auf Tafel XXXI, präsentieren sich infolge der schrägen Schnittführung und vielleicht auch infolge eines etwas schrägen Verlaufs als kurze, feine Stäbchen. Ihre Zahl ist noch sehr gering; ein Teil der Fibrillen und Kerne erscheint unschärfer, da die Zeichnung bei ein und derselben Einstellung ausgeführt worden ist. Die Fibrillen liegen alle im Protoplasma der Epithelien, also intrazellulär, und sind ohne Zweifel als ein Differenzierungsprodukt des Zellplasmas anzusehen. Die Zellen gleichen an dieser Stelle noch sehr den benachbarten Epithelien. Bemerkenswert ist auch, daß die Entwicklung der Muskelfibrillen so weit auf den Pupillarrand hinüberreicht. Doch läßt sich die spätere Lage des Sphinkters auf der Irisvorderfläche mit der Annahme von Wachstumsverschiebungen, die im Verlaufe der Entwicklung allenthalben vorkommen, zwanglos erklären. Übrigens hat auch schon HEERFORDT darauf hingewiesen, daß der Sphinkter nicht ausschließlich aus dem vorderen Epithelblatt hervorgeht.

*) Den Hinweis auf diese Modifikation verdanke ich meinem Kollegen WOLFRUM.

**) Tangentialschnitte standen mir von diesem Stadium leider nicht zur Verfügung.

Auf eine Wachstumsverschiebung weist bereits Figur 2 hin, in der die Sphinkterentwicklung von einer anderen Stelle des gleichen Auges abgebildet ist. Der muskuläre Abschnitt des Epithels ist hier mehr nach der Vorderfläche der Iris verschoben und die Sphinkterentwicklung auch sonst weiter vorgeschritten. Denn es ist hier an einer Stelle bereits eine ausgesprochene Gruppierung der Muskelzellen zu einem gemeinsamen Ganzen und außerdem auch eine gewisse Abgrenzung dieser Gruppe sowohl von dem Irismesoderm als von dem Pigmentepithel eingetreten. Und endlich haben bereits einige Kerne das typische Aussehen von Muskelkernen — Stäbchenform und intensive Tinktion — angenommen. Ein solcher Kern liegt noch in der Nähe des Ringsinus und scheint auf Wanderung begriffen zu sein.

Die nächste Figur (Tafel XXXI, Fig. 1) zeigt uns die Sphinkterentwicklung eines gegen 18 cm langen Fötus. Diese ist hier viel weiter gediehen als bei dem vorigen Stadium. Der Muskel liegt ganz an der Irisvorderfläche und reicht nicht einmal mehr an den Pupillarrand heran. Die Schnittführung ist rein quer, so daß die Muskelfibrillen als Punkte erscheinen, die bei Drehungen mit der Mikrometerschraube zu wandern scheinen. Die Färbung dieses Präparates ist besonders glücklich gelungen, was sich namentlich auch in der schön blauen Färbung des Protoplasmas der Muskelzellen zu erkennen gibt. Die Lage der Fibrillen im Protoplasma wird dadurch auf das deutlichste vor Augen geführt. Fast sämtliche Muskelkerne heben sich durch ihre intensive Färbung und, soweit sie nicht im Querschnitt getroffen sind, durch ihre Stäbchenform von den Epithelzellen auffällig ab. Ein besonderes Interesse bietet die Tatsache, daß nicht bloß am Pupillarrande sondern an verschiedenen Stellen ein Zuwachs von Muskelzellen aus dem Pigmentepithel heraus stattfindet, nachdem diese schon vorher alle Merkmale von solchen Zellen angenommen haben, ja bereits Muskelfibrillen in ihrem Protoplasma beherbergen. Auf eine Kernvermehrung innerhalb des Muskels selbst weist die mit *m* bezeichnete Zelle hin, die ich für eine Mitose halte.

Fötus 18 cm. Ende 4. Monat.

Das weitere Wachstum des Muskels dürfte sich fraglos in der gleichen Weise vollziehen und bietet infolgedessen in histogenetischer Hinsicht keine Besonderheiten mehr dar. Der Muskel nimmt von da an rasch an Masse und Ausdehnung zu, wobei er nach meinen Beobachtungen zunächst regelmäßig ein geschlossenes Ganzes bildet (s. Tafel XXIX, Fig. 1 und 2). Er gräbt sich dabei gewöhnlich mehr oder weniger tief in das Pigmentepithel ein, das sich um sein ziliares Ende zuweilen spornartig herumschlägt (sogenannter v. MICHELscher Sporn), dagegen unterhalb des Sphinkter auf eine äußerst platte Zellage zusammengepreßt erscheint. Die retinale (bzw. innere) Zellage macht dagegen keine Formveränderungen durch. Es bestätigt sich somit die Angabe von SZILYs u. a. A., daß die beiden Epithellagen im Bereiche des Sphinkter erhalten bleiben. Es ist aber zu betonen, daß es bei älteren Stadien

in der Nähe des Pupillarrandes zuweilen kaum gelingt, die vordere Zellage mit absoluter Sicherheit von dem Muskel abzugrenzen. In dieser Hinsicht muß ich leider zugeben, daß dieser Abschnitt in Fig. 1 auf Tafel XXXIII zu schematisch ausgeführt ist, da der Übergang der äußeren Epithellage in den Sphinkter in Wirklichkeit nicht so schroff ist als in der Zeichnung.

Im 6. Monat wird der Sphinkter, wie ich schon kurz erwähnt habe, an verschiedenen Stellen durch Gefäße durchbrochen, die aus dem Irisstroma in ihn eindringen und sich auch an seine Hinterfläche begeben. Der Muskel scheint deshalb von da an in Meridionalschnitten in mehrere Abschnitte zerlegt zu sein. Die Gefäße werden von Bindegewebszellen begleitet, die später Bindegewebe produzieren und dadurch die Abstände der Muskelgruppen vergrößern helfen. Aus den Kapillaren an der Hinterfläche des Sphinkter geht das Kapillarnetz dieses Muskels hervor (s. Tafel XXXIII, Fig. 1).

Durch die Entwicklung dieser Kapillaren und des Bindegewebes wird der Muskel von dem Pigmentepithel etwas abgedrängt. Auch dieser Vorgang setzt offenbar zu ganz verschiedenen Zeiten ein (s. Tafel XXXIII, Fig. 1 und 3).

Eine weitere scheinbare Teilung des Muskels in mehrere Abschnitte erfolgt durch spornartige Zellfortsätze des Pigmentepithels, die ihn von der entgegengesetzten Seite her entweder ganz durchbrechen (Tafel XXXIII, Fig. 3, 4 und 5) oder nur eindrücken (sogenannte FUCHSsche Sporne). Die Beziehungen dieser Sporne zu den sogenannten Klumpenzellen habe ich bereits auf S. 51 kurz erwähnt. Aus der Fig. 5 auf Tafel XXXIII sind sie in nicht mißzuverstehender Weise abzulesen.

Eine gruppenförmige Entwicklung des Sphinkter, wie sie z. B. JUSÉLIUS beschrieben hat, habe ich in normalen fötalen Augen nicht mit Sicherheit beobachtet. Ich halte sie aber nach meinen sonstigen Beobachtungen ohne weiteres für möglich und ich habe z. B. in einem hydrophthalmischen Auge eines Neugeborenen eine Sphinkteranordnung gefunden, die schwerlich auf eine andere Weise zu erklären wäre.

II. Der Musculus Dilatator.

Die Entwicklung des Dilatator vollzieht sich nach den gleichen Grundsätzen wie die des Sphinkter, aber wesentlich später. In Übereinstimmung mit den anderen Forschern habe ich die ersten Anzeichen einer Dilatatorentwicklung erst bei Föten des 6. Monats (von 28 bis 30 cm Länge) gefunden. Der Nachweis des Dilatator im fötalen Auge gelingt nur nach der

Depigmentierung der Schnitte, weil die Muskelfibrillen selbst noch im 8. fötalen Monat ganz innerhalb des Pigmentepithels liegen und durch das Pigment verdeckt werden.

Die ersten Muskelfibrillen sind ausschließlich in der basalen Seite der dem Irisstroma zugewendeten Pigmentepithellage nachzuweisen (s. Tafel XXXI, Fig. 2). Sie liegen vollkommen innerhalb des Protoplasmas der Pigmentzellen und können ebenso wie der Sphinkter nur aus ihnen hervorgegangen sein. Der gewellte Verlauf der Fibrillen in der Fig. 2 auf Tafel XXXI ist möglicherweise künstlich durch eine artifiziell erzeugte Faltung der ganzen Iris (s. Tafel XXIX, Fig. 3) verursacht worden. Denn ich habe in allen übrigen Fällen einen mehr gestreckten Faserverlauf gefunden (s. die folgenden Figuren auf Tafel XXXII). Die Zellen des Dilatator besitzen zunächst durchwegs eine hohe zylindrische Gestalt. Die Kerne unterscheiden sich nicht von denen des hinteren Pigmentblattes, der Pars iridica retinae. Leider ist mir in diesem Präparate die Entpigmentierung nicht so vollständig gelungen, daß ich über die Lage der Diplosomen einen sicheren Aufschluß gewinnen konnte. Um so glücklicher war ich in dieser Hinsicht bei dem nächsten Stadium. Fötus 28–30 cm. 6. Monat.

Das nächstältere Stadium, über das ich verfüge, unterscheidet sich trotz des geringen Längenunterschiedes (größte Länge 34,5 cm) bereits in manchen Stücken ganz erheblich von dem zuerst beschriebenen. Fötus 34,5 cm. Anfang 7. Monat.

Das Muskellager ist viel mächtiger geworden und im allgemeinen näher an die basale Zellgrenze herangerückt. Die Muskelfibrillen zeigen an dieser Stelle fast einen kerzengeraden Verlauf. Außerdem sind jetzt aber auch noch zahlreiche Muskelfibrillen nachzuweisen, die die Zelleiber der Epithelien in den verschiedensten Richtungen durchkreuzen, aber durchwegs der basalen Zellseite zustreben bzw. dorthin einstrahlen. Die Fibrillen erstrecken sich um die Kerne herum vielfach sogar bis auf die freie Zellseite hinüber.

Von besonderem Interesse ist nun das Verhalten der Diplosomen, das in Anbetracht der vollständigen Entpigmentierung des Präparates auf das schönste studiert werden konnte. Sie liegen in den Zellen der hinteren Pigmentlage, wie erwartet, durchwegs in der freien Zellseite und zwar fast ausschließlich in der nächsten Nähe der Zellgrenze weit abseits vom Kern bald neben-, bald übereinander, vielfach auch in schräger Richtung. Wir werden auch mit der Annahme nicht fehlgehen, daß sie in den Zellen der vorderen Pigmentlage, den Dilatatorzellen, ursprünglich ebenfalls die freie d. h. die hintere Zellseite bewohnt haben. Um so interessanter ist es, zu beobachten, daß sie in diesem Präparate zum Teil in der freien und zum Teil in der basalen oder an der Grenze der beiden Zellseiten liegen. Es ist somit bei dem streng gesetzmäßigen Verhalten in der Anordnung dieser Gebilde anzunehmen, daß die in der basalen Zellseite befindlichen Diplosomen erst nachträglich dorthin gewandert sind. Diplosomen in den Pigmentepithelien.

Mit der gleichen Sicherheit kann ferner angenommen werden, daß diese Lageveränderung der Diplosomen in inniger Beziehung zu der Entwicklung der Muskelfibrillen steht, so daß wir hier zwischen Diplosoma und Muskelfibrille ein ähnliches Verhältnis konstatieren können, wie es in den Zapfenzellen der Retina zwischen Diplosoma und Zapfenaußenglied besteht (FÜRST, LEBOUCQ, SEEFELDER).

Durch die eben beschriebenen Beobachtungen ist gleichzeitig die von mir bereits früher angezweifelte Ansicht ZAWARZINs widerlegt, daß die Pigmentepithelien kein Diplosoma enthielten. Ich habe dieses für gewisse biologische Vorgänge in den Zellen unentbehrliche Gebilde mittlerweile an allen möglichen Abschnitten des Pigmentepithels nachweisen können. Allerdings bedarf es dazu unbedingt einer vollständigen Ausbleichung des Pigments und einer sorgfältigen Schnittfärbung.

Die Dilatatorzellen zeigen bei dem 34,5 cm langen Fötus trotz der schon sehr mächtigen Muskelentwicklung nach wie vor einen hohen zylindrischen Bau, dagegen ist die Form der Kerne nicht mehr so rundlich und ihre Anordnung bereits unregelmäßiger als bei dem vorigen Stadium. Auch sind die Grenzen der einzelnen Zellterritorien nunmehr vollständig verwischt.

Fötus 42 cm. 8. Monat.

Ein weiteres Stadium der Dilatatorentwicklung ist auf Tafel XXXII, Fig. 2 dargestellt. Die Länge dieses Fötus betrug 42 cm.

Die Muskelfasern zeigen hier eine von den bisherigen Beobachtungen etwas abweichende Anordnung; sie verlaufen in langen Zügen vielfach bogenförmig durch die Zellen hindurch und scheiden die Muskelkerne stellenweise geradezu ein. Ein geschlossenes Muskellager an der basalen Zellseite existiert nicht, wenigstens nicht in ausgesprochener Weise. Wegen dieses eigenartigen Verhaltens habe ich auch dieses Bild zur Aufnahme in den Atlas bestimmt, wobei ich ausdrücklich bemerke, daß bei anderen Föten des gleichen Alters und der gleichen Länge weit mehr die in Figur 1 abgebildete Anordnung vorherrschend ist.

Konstant finde ich dagegen bei allen Föten des 8. Monats die Umwandlung der Dilatatorkerne in typische Muskelkerne von der bekannten schlanken Form und dunklen Tinktion, wovon man sich auch in dem abgebildeten Falle überzeugen kann.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß bei einer derartigen Lagerung der Muskelfasern ohne Entpigmentierung der Schnitte auch nicht die Spur eines Dilatators zu sehen ist.

Erst gegen das Ende des fötalen Lebens und bei Neugeborenen gelingt es, auch schon in nichtpigmentierten Schnitten ein Muskellager nachzuweisen. Doch ist es auch noch in dieser Zeit zum größten Teil von Pigment überlagert, so daß der Muskel einen schwächeren Eindruck macht, als der Wirklichkeit entspricht. Tatsächlich hat der Muskel bei der Geburt

bereits eine Mächtigkeit erreicht (s. Tafel XXXII, Fig. 3), die der im ausgewachsenen Auge kaum nachsteht. Die Muskelfibrillen scheinen nunmehr von ihren Mutterzellen fast gänzlich emanzipiert zu sein und nur noch einzelne Fasern, die den Zelleib durchqueren, sind Zeugen ihres innigen Zusammenhangs.

III. Die Verbindung zwischen dem Sphinkter und Dilatator iridis.

Über das Vorhandensein von Verbindungen zwischen den beiden Irismuskeln kann man nur in sehr günstig gefärbten Präparaten Gewißheit erlangen. Verschiedene einwandfreie Beobachtungen haben mich aber davon überzeugt, daß eine Verbindung zwischen beiden Muskeln schon frühzeitig vorhanden ist. Ich verweise in dieser Hinsicht auf Tafel XXXIII, Fig. 1, in der diese Verhältnisse möglichst naturgetreu dargestellt sind. Wir sehen dort, daß der Dilatator an seinem pupillaren Ende pinselförmig aufgefasert ist und bis zur Berührung an das ziliare Sphinkterende heranreicht, und sehen ferner, daß auch noch hinter dem Sphinkter an der Grenze des zylindrischen und abgeplatteten Pigmentepithels Muskelfasern entwickelt sind, die nach ihrer Verlaufsrichtung dem Dilatator zuzurechnen sind, aber mit dem Sphinkter in enger Verbindung stehen.

IV. Die Pigmentierung des hinteren Pigmentepithelblattes der Iris.

Die hintere (retinale) Lamelle des doppelreihigen Pigmentepithels der Iris ist bekanntlich anfangs pigmentlos. Das Pigment hört auch noch im 3. Monat ungefähr am Augenbecherrande auf. Die Pigmentierung der hinteren Lamelle schreitet dann in der Richtung von dem Pupillarrande nach der Iriswurzel fort. Sie reicht bei Föten des 4. Monats (von 15,3 cm und 17,5 cm) nur wenig über den Pupillarrand hinüber (vgl. Tafel XXVIII, Fig. 4 und 5 und Tafel XXX, Fig. 1 und 2), erreicht im 5. Monat ungefähr die halbe Irisbreite und erst im 6. Monat die Iriswurzel. Aber auch dann bleibt die Pigmentierung des hinteren Epithelblattes noch ziemlich lange Zeit wesentlich schwächer als die des vorderen, so daß z. B. noch bei einigen Föten des 8. Monats (40—42 cm Länge) die Zellkerne ohne Ausbleichung des Pigments deutlich zu sehen sind. Gewöhnlich pflegt aber im 8. Monat die Pigmentierung so dicht zu werden, daß zwischen den beiden Epithelblättern kein nennenswerter Unterschied mehr vorhanden ist.

V. Der mesodermale Irisanteil.

Die mesodermale Irisanlage und die Pupillarmembran bilden anfangs ein so einheitliches Ganze, daß man zwischen beiden keine scharfe Grenze ziehen kann. Mit Recht hat deshalb JEANNULATOS das ganze Gebilde mit einem einzigen Namen, nämlich als Lamina iridopupillaris, bezeichnet. Die Lamina besteht in der Gegend des Becherrandes aus radiär verlaufenden Gefäßen und Mesodermzellen. Letztere reichen nur eine kurze Strecke über den Augenbecherrand hinüber. Die Mesodermzellen zeigen lange Zeit ein sehr gleichförmiges Aussehen. Sie haben einen schmalen, spindelförmigen Kern und langgestreckte Protoplasmafortsätze, die untereinander anastomosieren. Die Richtung der Zellachse verläuft fast rein parallel zur Irisoberfläche. Die weitere Entwicklung des Irismesoderms, so z. B. der sternförmig verästelten Iriszellen, ferner der Chromatophoren, der Iriskrause, Iriskrypten, sowie der in das Irismesoderm eingestreuten ektodermalen Klumpenzellen ist bereits in dem allgemeinen Teil soweit besprochen worden, daß sich ein nochmaliges Eingehen darauf erübrigen dürfte. Zu der Streitfrage, ob es im embryonalen Leben ein Irisendothel gibt oder nicht, möchte ich bemerken, daß ich mich in fötalen Augen von der Existenz eines solchen nie mit absoluter Sicherheit habe überzeugen können, wenn auch häufig die Oberfläche der Iris vor der Kryptenbildung von einem so kontinuierlich erscheinenden Zellbelag überzogen ist, daß der Eindruck eines Endothels erweckt werden kann.

Die spezielle Entwicklung des Ziliarkörpers.

I. Processus ciliares.

Die Entwicklung der Processus ciliares ist bereits im vorausgehenden (S. 50 u. ff.) so weit besprochen worden, daß nichts Wesentliches mehr hinzuzufügen ist. In den zahlreichen Figuren auf Tafel XXVIII, XXIX, XXXIII und XXXIV und in den Textfiguren 19—34 (S. 54—56) sind auch ihre Lagebeziehungen zu ihrer Umgebung deutlich zum Ausdruck gebracht. Ihre definitive Lage nehmen die Ziliarfortsätze erst nach der Geburt ein. Ich habe die erste

Entwicklung der Ziliarfortsätze auch an der Hand von Äquatorialschnitten studiert, allerdings nur wenige Augen für diesen Zweck verwendet, und dabei die Überzeugung gewonnen, daß die Faltung des Pigmentepithels ziemlich gleichzeitig in der ganzen Zirkumferenz des Bulbus einsetzt, und daß die Falten von Anfang an in rein meridionaler Richtung verlaufen.

II. Der Musculus ciliaris.

Der Ziliarmuskel geht im Gegensatz zu dem Sphinkter iridis aus dem Mesoderm hervor und zwar aus dem Abschnitte, der sich in der Verlängerung der Lamina iridopupillaris und des DESCEMETschen Endothels zwischen dem Pigmentepithel und der Skleralanlage nach hinten erstreckt. So scharf von Anfang an die Abgrenzung seiner Anlage von dem Pigmentepithel ist, so unscharf ist sie zunächst von der Sklera. Handelt es sich doch bei diesen beiden Gebilden um eine gemeinsame Anlage, aus der sich beide erst im Laufe der Zeit herausdifferenzieren.

Meridionale Portion. (Brückescher Muskel.)

Die ersten Muskelfibrillen treten innerhalb der Ziliarmuskelanlage ungefähr gleichzeitig mit der Entwicklung des Musculus Sphinkter, also im Verlaufe des 4. Monats auf. Zuerst sind nur meridional verlaufende Fasern nachzuweisen. Sie entwickeln sich, wie mit der HELDschen Färbemethode sicher nachgewiesen werden kann, innerhalb der langen Protoplasmafortsätze, durch die die Muskelzellen schon frühzeitig ausgezeichnet sind. Die Muskelfasern sind anfangs noch ziemlich spärlich, bilden jedoch ziemlich bald eine geschlossene Masse. Die Ansatzstelle der meridionalen Fasern wird von Anfang an teils von dem Skleralwulst, teils von den Fasern des skleralen und wohl auch uvealen Gerüstwerks gebildet. Sie befindet sich infolge der eigenartigen Konfiguration der Kammerbucht, die in einem besonderen Kapitel (S. 69) geschildert wird, während eines beträchtlichen Zeitraums weit ab vom freien Kammerlumen (s. Tafel XXIX, Fig. 1—4 und Tafel XXXIV, Fig. 2) und nimmt erst etwa zur Zeit der Geburt ihre bleibende Lage ein.

Äquatoriale Portion. (Müllerscher Muskel.)

Die äquatoriale (zirkuläre) Portion entwickelt sich eigentümlicherweise viel später als die meridionale. Ich habe sie bis jetzt frühestens bei Föten des 6. Monats nachweisen können. Aber bei einem Fötus von 30 cm Länge (Tafel XXXIV, Fig. 2) fehlte sie z. B. noch ganz. Die äquatorialen Muskelbündel, die in Meridionalschnitten teils rein quer, teils etwas schräg getroffen sind, treten zuerst teils an der Innenseite der BRÜCKEschen Portion, teils weiter vorne in dem Bindegewebe zwischen der Grundplatte der Ziliarfortsätze und dem uvealen Gerüstwerk auf. Besonders geeignet zur Darstellung dieser Verhältnisse (Tafel XXXIII, Fig. 2)

erwies sich mir ein Fötus von 34,5 cm Länge, wenngleich bei ihm die Entwicklung des Muskels schon sehr weit vorgeschritten ist. Man sieht hier an den genannten Stellen zahlreiche nesterförmig angeordnete quergetroffene Muskelbündel, von denen einzelne ganz nahe an die Iriswurzel heranreichen, während sich die Hauptmasse an der Innenseite der meridionalen Portion befindet. Gleichzeitig mit der Rückbildung des uvealen Gerüstwerks (s. das Kapitel Kammerbucht) rücken die anfangs etwas verstreut liegenden Muskelbündel näher zusammen, um schließlich eine kompakte Muskelmasse in der Höhe oder etwas hinter der Ansatzstelle der meridionalen Portion zu bilden (s. Textfigur 40). Der Ziliarkörper gewinnt dadurch an Höhe und Mächtigkeit, hat aber selbst bei der Geburt noch nicht seine bleibende Gestalt erreicht. Dies erfolgt offenbar erst unter dem Einflusse der funktionellen Inanspruchnahme des Muskels, die natürlich selbst wiederum von dem Brechungszustand des Auges beeinflußt wird.

III. Der Orbiculus ciliaris.

Wie aus den bisherigen Ausführungen bereits hervorgeht, kann man schon von einer Pars coeca retinae reden, ehe Ziliarfortsätze entwickelt sind. Diese Pars coeca geht aber bald darauf in der Entwicklung der Ziliarfortsätze so vollständig auf, daß die Pars optica retinae unmittelbar hinter den Ziliarfortsätzen beginnt (Tafel XXVIII, Fig. 1—4 und Tafel XXIX, Fig. 1). Der Orbiculus ciliaris entwickelt sich erst gegen das Ende des 5. Monats, ist aber zunächst noch sehr schmal (Tafel XXIX, Fig. 2 und 3) und erhält erst gegen das Ende des 6. Monats (Fig. 4) eine etwas größere Ausdehnung. Die Ora serrata (sive terminalis) befindet sich bei einem 34,5 cm langen Fötus etwas hinter der Mitte, im 8. Monat etwa in der Gegend des hinteren Drittels des Ziliarmuskels, im 9. Monat an der Grenze von Aderhaut und Ziliarmuskel und beim Neugeborenen ganz im Bereiche der Aderhaut. Auf der nasalen Seite liegt die Ora terminalis gewöhnlich etwas weiter vorne, doch ist der Unterschied nicht immer auffallend zu nennen. Übrigens kommen gerade in bezug auf die Lage der Ora serrata im fötalen Leben erhebliche individuelle Verschiedenheiten vor, so daß die angegebenen Grenzen keine allgemeine Gültigkeit besitzen.

Man kann wohl sagen, daß die geschilderte Entwicklung des Orbiculus ciliaris mit einem Zurückweichen der vorderen Netzhautgrenze nach hinten einhergeht. Bei diesem Zurückweichen der Retina kommt es nun regelmäßig vor, daß »sehr lange, in die Täler zwischen die Ziliarfortsätze gerichtete Zacken der Ora serrata zurückbleiben, die sich allmählich zurückbilden, oft aber auch vereinzelt bis in ein höheres Alter noch sehr lang sich erhalten« (O. SCHULTZE).

Die Pupillarmembran.

Die Pupillarmembran besitzt dem übrigen Gefäßsystem der Tunica vasculosa lentis gegenüber einen so hohen Grad von Selbständigkeit, daß sie auch unabhängig von diesem besprochen werden kann, und sie steht außerdem in so inniger Beziehung zu der Entwicklung der Iris, der Kammerbucht und des Corpus ciliare, daß ihre Beschreibung gewissermaßen notwendig in diesen Zusammenhang gehört. Die große Selbständigkeit der Pupillarmembran hat bekanntlich ihren Grund darin, daß sie (nach O. SCHULTZE) sowohl zu- (arterielle) als abführende (venöse) Gefäße besitzt. Sie äußert sich auch darin, daß die Pupillarmembran noch nach der Resorption der ganzen übrigen Tunica vasculosa lentis weiter existieren kann und tatsächlich auch normalerweise eine Zeitlang weiter existiert.

Erste Anlage der Membran.

Die erste Anlage der Pupillarmembran ist bereits in dem Kapitel »Hornhaut« (S. 34 u. ff.) beschrieben worden, auf das ich hiermit verweise. Nach dieser Darstellung ist die Pupillarmembran zuerst als ein kernarmes gefäßloses und aus zarten Fibrillen zusammengesetztes Häutchen angelegt, das von dem sog. vorderen Glaskörper abstammt. Die Gefäße wachsen erst nachträglich in die fibrilläre Anlage hinein. Dieser Vorgang vollzieht sich zu Anfang des 3. Monats.

Struktur und Gefäßanordnung der ausgebildeten Pupillarmembran.

Die Struktur und Gefäßanordnung der ausgebildeten Pupillarmembran ist vorzugsweise aus den Fig. 1, 3 und 4 auf Tafel XXXIV zu ersehen. Fig. 3 und 4 stammen von einem Fötus des 5. Monats. Die Pupillarmembran befindet sich in dieser Zeit auf der Höhe ihrer Entwicklung.

Die Präparate zu 3 und 4 habe ich in der Weise gewonnen, daß ich wie BRÜCKNER nach der Halbierung des Auges im Äquator bulbi und nach schonender Entfernung der Linse das Corpus ciliare mitsamt der Iris und Pupillarmembran von der Sklera abzog, das Präparat in toto auf dem Objektträger färbte und in der üblichen Weise weiterbehandelte. Man erhält auf diese Weise entschieden eine vollständigere Vorstellung von dem Bau der Pupillarmembran als in Meridionalschnitten. Die Präparate sind so auf den Objektträger aufgelegt, daß die Pupillarmembran und Iris von hinten gesehen werden.

Fig. 3, die bei schwacher Vergrößerung gezeichnet ist, zeigt vor allem den bekannten radiären Verlauf und die außerordentlich reiche Anastomosenbildung der Gefäße der Pupillarmembran. Der Verlauf der Gefäße ist in Wirklichkeit sicher noch gestreckter als in der Zeichnung, und die schlangenförmigen Windungen jedenfalls eine Folge der bei der beschriebenen Behandlung unvermeidlichen Zerrung des Präparates. An dieser Stelle ist mir die Loslösung der Pupillarmembran von der Linse ziemlich vollständig gelungen, so daß von dem zentralsten Abschnitt der Pupillarmembran nur wenig fehlen wird. Für gewöhnlich

gelingt dies aber nicht so gut, sondern es entsteht im Zentrum der Pupillarmembran in der Regel ein unregelmäßig ausgefranstes Loch, weil sie an dieser Stelle ziemlich fest mit der Linsenkapsel verbunden ist.

Die Fig. 3 und 4 lassen ferner erkennen, daß häufige Überkreuzungen der Gefäße stattfinden, was übrigens auch in Meridionalschnitten daraus geschlossen werden kann, daß nicht selten zwei Gefäße übereinander liegen. An ihrer Einmündungsstelle an der Iris sind die Gefäße eine kurze Strecke von Mesodermzellen begleitet, die mit denen des Irisstromas übereinstimmen und ebenfalls in Meridionalschnitten sehr deutlich in Erscheinung treten. Die wenigen Gefäßstümpfe, die sich um den Pupillarrand herumschlagen und auf dem Pigmentepithel der Iris liegen, gehören selbstverständlich dem Gefäßsystem der Membrana capsulopupillaris an.

Membrana capsulopupillaris.

Wanderzellen.

Etwas weiter abseits von dem Pupillarrande sind die freien zelligen Elemente wesentlich spärlicher und morphologisch von denen des Pupillarrandes ganz verschieden. Sie besitzen zumeist einen gelappten, dunkel tingierten Kern und einen geblähten, vakuolisierten Protoplasmaleib, zeigen also das Aussehen der sogenannten Wanderzellen. Über ihre Art und Herkunft habe ich mir kein ganz sicheres Urteil bilden können, doch spricht Vieles dafür, daß sie aus den Gefäßen der Pupillarmembran ausgewandert sind. Als eine Rückbildungserscheinung der Membran dürften sie deswegen nicht aufzufassen sein, weil sie in dem abgebildeten Präparat sehr zahlreich sind, das Präparat aber, wie gesagt, von einem Fötus des 5. Monats herstammt, bei dem von einem solchen Vorgang noch keine Rede sein kann.

Fibrilläres Gerüstwerk.

Ganz besonders deutlich ist nun in der bei stärkerer Vergrößerung gezeichneten Fig. 4 auf Tafel XXXIV zu sehen, daß die Gefäße der Pupillarmembran samt und sonders in eine Matte von sehr feinen, gestreckt und ebenfalls radiär verlaufenden Fibrillen eingelagert sind und mit diesen zusammen eine richtige Membran bilden. Auch in der Fig. 1 auf Tafel XXXIV sind diese Fibrillen zu sehen. Sie füllen hier den Raum zwischen Augenbecherrand und Linse mit aus und stehen mit den Mesodermzellen der Irisanlage in inniger Verbindung. Ihre Ähnlichkeit mit den Glaskörperfibrillen ist ganz eklatant und in Anbetracht der Tatsache, daß der größte Teil der gleichen Herkunft ist, auch selbstverständlich.

Über den Ursprung der Pupillarmembran aus der Iris habe ich mich bereits im vorausgehenden bei der Besprechung der Iris geäußert. Ich brauche deshalb hier nur noch der Vollständigkeit halber kurz zu erwähnen, daß er in den ersten Monaten der Entwicklung direkt am Pupillarrand erfolgt und erst gegen das Ende des 6. Monats auf die Vorderfläche der Iris verlegt wird. Die Loslösung der Pupillarmembran von dem pupillaren Irisabschnitt erfolgt durch eine Resorption des zwischen beiden befindlichen Mesoderms.

Im 8. fötalen Lebensmonat beginnt die Rückbildung der Pupillarmembran und zwar nach O. SCHULTZEs Untersuchungen im Zentrum der Pupille. Es handelt sich dabei um ein spurloses Verschwinden der Gefäße und Fibrillen, ein Vorgang, den ich, trotzdem ich zahlreiche Augen dieses Alters besitze, nie mikroskopisch habe verfolgen können. Wie allgemein bekannt, bleiben kurze Stümpfe der Pupillarmembran häufig bis über die Geburt hinaus bestehen und können dann das ganze Leben hindurch als sogenannte persistierende Reste der Membran nachgewiesen werden. Daß aber auch im späteren Leben eine Resorption von solchen Resten erfolgen kann, haben HIRSCHBERG, BRÜCKNER u. a. bewiesen. Rückbildung.

Die Entwicklung der vorderen Augenkammer und des Gerüstwerks der Kammerbucht.

Die Entwicklung der vorderen Augenkammer erfolgt nach den Untersuchungen von WOLFRUM und SEEFELDER erst lange Zeit nachdem bereits eine Differenzierung und reinliche Scheidung von Hornhaut, Iris und Pupillarmembran eingetreten ist. Sie ist ungefähr in den

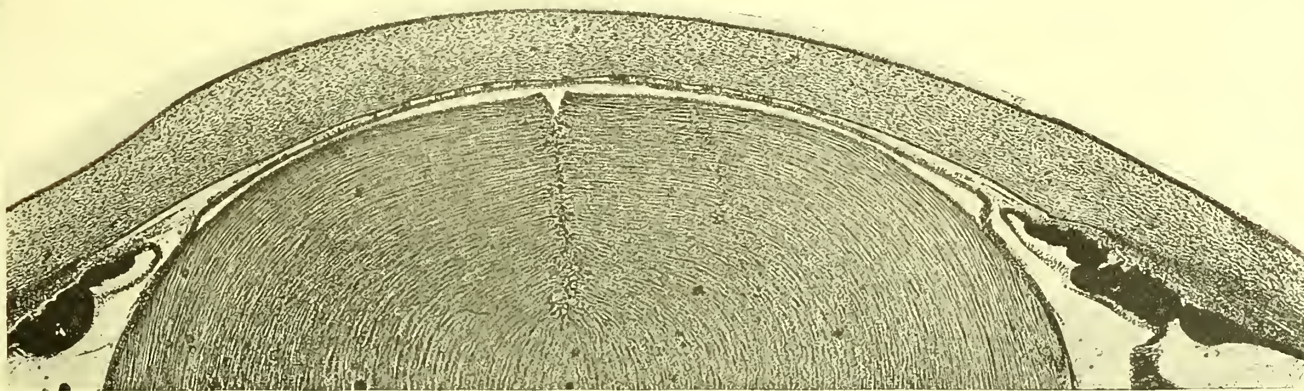


Fig. 35. Vorderer Augenabschnitt eines Fötus des 5. Monats.

5. fötalen Lebensmonat zu verlegen. Vorher berühren sich die genannten Gebilde eng mit den einander zugekehrten Flächen. Es kann höchstens im Bereiche der Pupillarmembran von einem etwa der Dicke ihrer Gefäße entsprechenden kapillaren Spaltraum die Rede sein, der aber die Bezeichnung »vordere Augenkammer« keinesfalls verdient und obendrein nicht von Kammerwasser, sondern von einer färb- und gerinnbaren Masse ausgefüllt zu sein pflegt.

Diese Tatsachen haben bis jetzt keine allgemeine Anerkennung gefunden, was deswegen nicht verwunderlich erscheint, weil schon durch mäßige Schrumpfungsvorgänge, die bei der Härtung der Bulbi nur schwer zu vermeiden sind, eine Entfaltung der nur lose aneinander liegenden Gebilde bewirkt und so eine Vorderkammer vorgetäuscht werden kann. Ich selbst habe aber bei meinen unausgesetzten Studien auf diesem Gebiete unsere Anschauung bis in die neueste Zeit hinein immer wieder von neuem bestätigt gefunden. Die Figur 35 gibt uns eine Vorstellung von dem Verhalten des vorderen Abschnittes zu Anfang des 5. Monats und zugleich eine Bestätigung dessen, was im vorstehenden behauptet wurde.

Bei Figur 36, die von einem etwa gleichalterigen Fötus (5. Monat) stammt, ist das gleiche der Fall.



Fig. 36. Vorderer Augenabschnitt eines Fötus des 5. Monats.

In Fig. 37 finden wir in der Peripherie eine Vorderkammer entwickelt (Fötus des 5. Monats). Sie erscheint als ein schmaler ringsinusähnlicher Spaltraum, der sich bereits bis in die Kammerbucht erstreckt. Der vordere Linsenpol liegt noch der Hornhaut bzw. Pupillarmembran an.

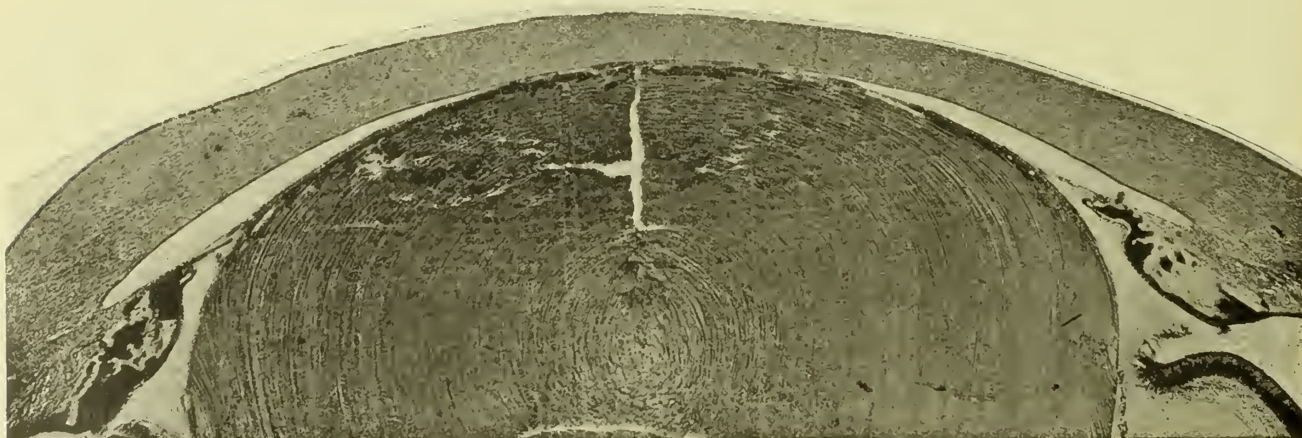


Fig. 37. Vorderer Augenabschnitt eines Fötus des 6. Monats.

In Figur 38 hat auch die Abhebung des Linsenpols von der Hornhaut stattgefunden (Fötus des 6. Monats). Die Kammer ist aber noch sehr seicht und dadurch, daß der vordere Linsenpol noch viel weiter vorne liegt als die Irisebene, von eigentümlicher Form, die sie bis in den 8. fötalen Lebensmonat beibehält. Ihre gewöhnliche Tiefe erhält sie erst einige Zeit nach der Geburt.

Gebilde der Kammerbucht.

Vor der Entfaltung der Vorderkammer ist über die Gebilde der Kammerbucht nur wenig zu sagen. Ihre gemeinsame Anlage besteht aus einem dichten Zellhaufen, der sich in der Verlängerung des DESCEMETschen Endothels und der Pupillarmembran nach hinten

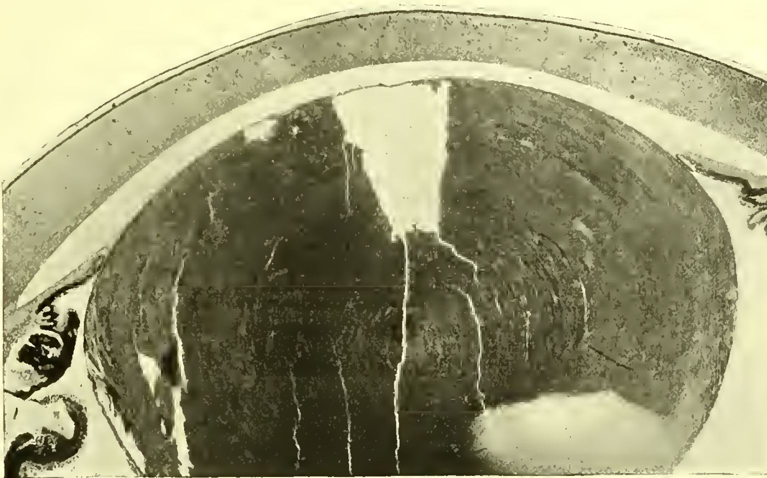


Fig. 38. Vorderer Augenabschnitt eines Fötus des 6. Monats.

erstreckt und zunächst aus lauter gleich aussehenden Zellen besteht. Aus ihm wird das sklerale und uveale Gerüstwerk herausdifferenziert, über das ich mich bis jetzt noch nicht näher ausgesprochen habe.

Unter skleralem Gerüstwerk verstehen wir das feste und dichte Balkenwerk, welches im ausgewachsenen Auge den SCHLEMMschen Sinus von der vorderen Augenkammer trennt und noch heute vielfach als Ligamentum pectinatum oder sklerokorneales Netz bezeichnet wird. Das uveale Gerüstwerk ist dagegen beim Menschen ein vergängliches Gebilde, von dem bei der Geburt meist nur noch ganz kümmerliche Reste vorhanden sind.

Um die Herkunft dieser beiden Gebilde zu verstehen, muß man diese Verhältnisse bei etwas älteren Stadien ins Auge fassen. Zu diesem Zwecke verweise ich auf Tafel XXXIII, Fig. 2 und Tafel XXXIV, Fig. 1 u. 2.

Wir finden hier die Kammerbucht von einem engmaschigen, sehr zierlichen Netzwerk, dem sogenannten uvealen Gerüstwerk, eingenommen, das in der Hauptsache aus

sternförmig verästelten Zellen besteht, aber auch eine zarte bindegewebige Grundlage besitzt. Dieses Maschenwerk geht nun ohne jede scharfe Abgrenzung in das Stroma der Iriswurzel und in das Bindegewebe der Ziliarfortsätze über, wogegen es sich von dem bereits kräftig entwickelten skleralen Gerüstwerk deutlich abhebt. Ich glaube, daß ein solches Bild allein

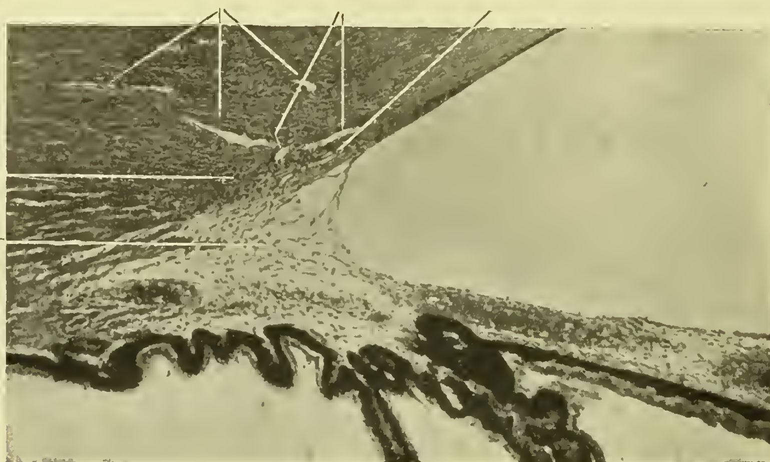


Fig. 39. Kammerbucht eines 420 mm langen Fötus.

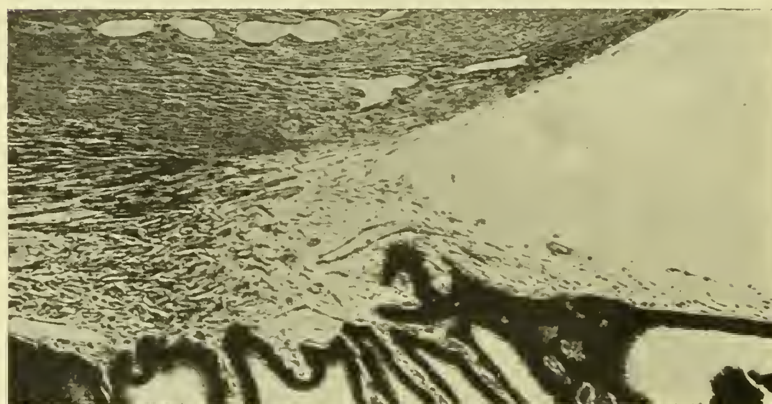


Fig. 40. Kammerbucht eines Neugeborenen.

genügt, um die Zugehörigkeit des einen Gerüstwerks zur Uvea und des anderen zur Sklera zu demonstrieren und damit die obige von H. VIRCHOW vorgeschlagene Nomenklatur zu rechtfertigen.

Besonders zu beachten ist, daß infolge dieses eigenartigen Baues der Kammerbucht der Circulus venosus Schlemmii ebenso wie die vordere Anheftungsstelle des Ziliarmuskels weit ab vom freien Kammerlumen liegen. Die fötale Kammerbucht erhält durch

alle diese Umstände ein besonderes Gepräge, das sie erst gegen Ende der Schwangerschaft verliert.

Dies geschieht einerseits durch die allmähliche Resorption des uvealen Gerüstwerks (siehe Fig. 2 auf Tafel XXXIII und Textfig. 39 und 40), anderseits durch eingreifende Lageverschiebungen im Bereiche der verschiedenen Gebilde der Kammerbucht, die, wie ich schon an anderer Stelle betont habe, selbst bei der Geburt noch nicht vollständig abgeschlossen sind.

Die Sklera.

Von R. SEEFELDER.

Die Sklera entwickelt sich wie die Aderhaut aus dem die Augenblase umgebenden Mesoderm, das einen Teil des Kopfmesoderms oder sog. Kopfplattenmesoderms bildet. In den ersten 5—6 Wochen des embryonalen Lebens ist die sklerale Anlage weder gegen die Aderhaut noch gegen das Kopfmesoderm in irgendeiner Weise abgegrenzt. Erst allmählich be-

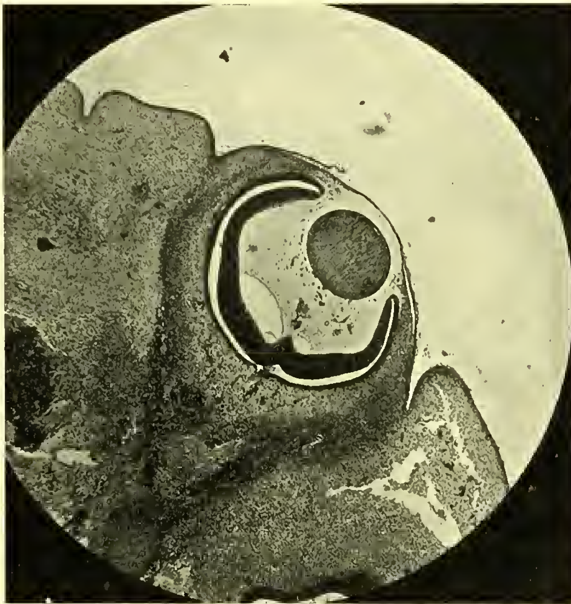


Fig. 41. Querschnitt durch die Augenanlage eines 19 mm langen Embryos.

ginnen sich ihre Elemente von ihrer Umgebung heraus zu differenzieren und zwar dadurch, daß sie sich dichter aufeinander schließen, mehr und mehr in Reih und Glied rangieren und reichlicher Bindegewebe produzieren.

Dies geschieht in dem vorderen Abschnitt der Sklera wesentlich früher als in dem hinteren (proximalen). (Vgl. Fig. 41 und 42.) Und zwar fällt dieses Ereignis zeitlich ungefähr mit der Entwicklung des DESCEMETschen Endothels zusammen. Wir finden dann

in der Verlängerung des DESCEMETschen Endothels und der Pupillarmembran den bekannten Zellhaufen, aus dem das sklerale und uveale Gerüstwerk hervorgehen (vgl. S. 71) und noch etwas weiter rückwärts einen schon ziemlich deutlich von der Umgebung abgrenzbaren Zellstreifen, die Anlage der Sklera.

Man kann in dieser Periode auch bereits eine Anlage der Bindehaut unterscheiden, weil das nach außen von dem dichten Zellstreifen gelegene lockere Bindegewebe wenigstens in der Hauptsache der Bindehaut zuzurechnen ist.

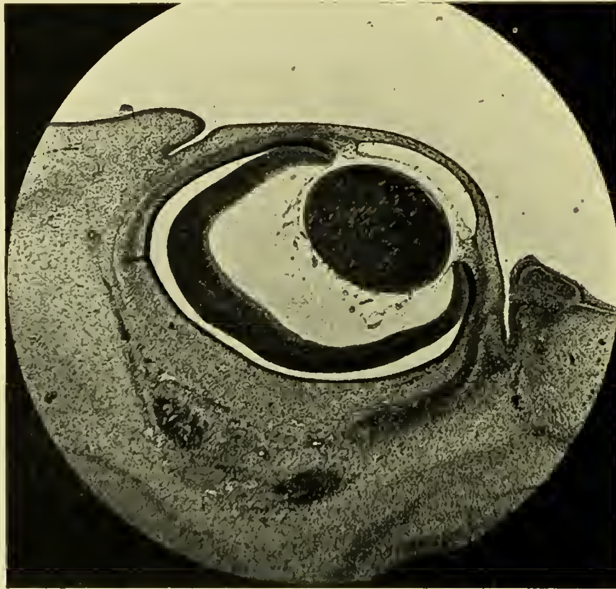


Fig. 42. Querschnitt durch die Augenanlage eines 28 mm langen Embryos.

Fast unmittelbar darauf beginnt die Abgrenzung der Hornhaut und Bindehaut, aui die ich ebenfalls mit einigen Worten eingehen möchte.

Die anfangs sehr dünne Hornhaut setzt sich zur Zeit der Entwicklung des DESCEMETschen Endothels sowohl in die Sklera als in die Conj. bulbi ohne jede scharfe Grenze fort. Bald nach der Entwicklung des DESCEMETschen Endothels zweigt sich jedoch von dem oben erwähnten dichten Zellstreifen, der Anlage der Sklera, ein Fortsatz ab, der bis unter das Korneal- bezw. Konj.-Epithel vordringt. Damit ist an der betreffenden Stelle gleichzeitig die Scheidung in die Anlagen der Kornea, Sklera und Konjunktiva vollzogen. Der erwähnte Vorgang ist bereits in der Figur 42 angedeutet (Embryo von 28 mm Länge) und in der Figur 1, Tafel XXXV (Embryo von 80 mm Länge) abgeschlossen.

Alle diese Vorgänge stehen nun, wie schon O. PES betont hat (1908), in inniger Beziehung zur Entwicklung der äußeren Augenmuskeln.

Betrachten wir die Figur 41, die von einem nicht ganz hervorragend konservierten Embryo von 20 mm Länge herstammt, so sehen wir in dem uns hier vorliegenden Querschnitt durch Auge und Orbita einen Teil des sog. Muskeltrichters bereits sehr deutlich ausgeprägt. Die innerhalb des übrigen Mesoderms stark hervortretenden Anlagen des m. r. m. u. l. verlieren sich vorne ganz unmerklich in dem zwischen dem vorderen Augenabschnitt und Ektoderm gelegenen Mesoderm, das hier eine wesentlich dichtere Anordnung zeigt, als in dem orbitalen Abschnitt der Augenanlage.

Bei einem 28 mm langen Embryo (Fig. 42) ist der Übergang des vorderen Muskel- oder richtiger Sehnenendes in die Skleralanlage schon wesentlich schärfer gezeichnet und auch bereits der oben erwähnte Fortsatz der skleralen Anlage angedeutet. Auf der lateralen Seite, die übrigens in der Entwicklung der Sklera durchgehends etwas nachhinkt, ist der m. rectus zwar nicht mehr getroffen, der große Unterschied in der Differenzierung der Sklera des vorderen und hinteren Augenabschnittes aber trotzdem ohne weiteres zu erkennen. Aus der gleichen Figur ist zu ersehen, daß die Anlagen der Pupillarmembran, des Corpus ciliare und der Sklera vorläufig noch ein gemeinsames Ganzes bilden. Dies ändert sich jedoch, wie die Figur 1 auf Tafel XXXV lehrt, im Verlaufe des 3. Monats sehr bald.

Die Kornea zeigt dort das auf Seite 36—39 eingehend geschilderte für die fötale Hornhaut charakteristische Verhalten. Sie weist in ihren vorderen Schichten ein sehr lockeres Gefüge auf, während in den an die Descemetii angrenzenden Partien bereits eine straffere Struktur Platz gegriffen hat. Dieser Abschnitt der Hornhaut geht unmittelbar in die Sklera über, die nunmehr ebenfalls reich an Bindegewebe ist und sich dadurch namentlich von dem noch rein embryonalen Mesoderm des Corpus ciliare scharf abhebt. Die Untersuchung von ungefähr gleichalterigen Stadien mag wohl zu der auch heute noch nicht gänzlich ausgemerzten Lehre Veranlassung gegeben haben, daß an der Kornea ein konjunktivaler, skleraler und uvealer Anteil zu unterscheiden sei. Wie wenig berechtigt aber eine solche Ansicht ist, glaube ich bei der Besprechung der frühesten Entwicklung der Hornhaut (Seite 36—39) dargetan zu haben.

Die Figur 1 zeigt weiterhin, daß der schon bei den jüngeren Stadien konstatierte Unterschied in der Entwicklung des vorderen und hinteren Abschnittes der Sklera auch jetzt noch sehr ausgesprochen ist. Die Bindegewebsentwicklung ist hinten noch wesentlich spärlicher und die Abgrenzung der Sklera gegenüber dem orbitalen Zellgewebe und der

Aderhaut allenthalben noch ziemlich unscharf. Immerhin ist auch hier im Vergleich mit den jüngeren Stadien ein bedeutender Fortschritt unverkennbar.

Die geschilderten Verhältnisse sind auch im wesentlichen aus den Abbildungen auf den Tafeln XIX und XX zu ersehen, wenn sie auch teilweise auf Grund der angewandten Färbungs- und Reproduktionsmethoden nicht so scharf hervortreten als in der eigens für diesen Zweck vorbereiteten und ausgeführten Abbildung 1 auf Tafel XXXV.

Das Problem der Histogenese der Sklera fällt mit dem der Entwicklung des Bindegewebes überhaupt zusammen. Ich habe meinen Standpunkt in dieser Frage bereits bei der Besprechung der Hornhautentwicklung dargelegt und mich dahin entschieden, daß die erste Entwicklung der Bindegewebsfibrillen intraprotoplasmatisch erfolgt, ohne die bekanntlich von namhaften Autoren vertretene Ansicht abzulehnen, daß später auch eine selbständige und von den fixen Zellen bis zu einem gewissen Grade unabhängige Bindegewebsentwicklung stattfinden kann. Dies auszuschließen, dürfte in einem so dicht gefügten Gewebe wie in der Sklera und Kornea überhaupt nicht durchzuführen sein.

In nach MALLORY gefärbten Präparaten junger Embryonen ist die intraprotoplasmatische Entwicklung der kollagenen Fibrillen der Sklera mit Sicherheit nachzuweisen.

Nicht minder exakt gelingt in glücklich gefärbten Präparaten die Darstellung der Entstehungsweise der elastischen Fasern der Sklera.

Ich verweise zu diesem Zwecke auf Figur 1, Tafel XXXVI, in der der Sehnerveneintritt des gleichen Embryos, von dem Figur 1, Tafel XXXV stammt, in der Färbung nach WEIGERT dargestellt ist.

In dem nach außen von dem Pigmentepithel liegenden Partien ist auch noch ein Stück Sklera enthalten. Wir sehen hier die sehr deutlich als dunkle Punkte hervortretenden elastischen Fasern durchgehends in dem vielfach verästelten Protoplasma der Mesodermzellen aufgehängt, so daß ihre intraprotoplasmatische Entstehung nicht deutlicher demonstriert werden könnte. Die gleiche Figur gibt uns auch einen zuverlässigen Aufschluß über den Zeitpunkt der Entwicklung der elastischen Substanz. Lehrt sie doch, daß er mit der Entwicklung des kollagenen Gewebes ungefähr zusammenfällt, was auch a priori nicht anders zu erwarten war. Damit wird auch die Angabe LODATOS (1904) bestätigt, daß die elastischen Fasern der Sklera bereits im 3. fötalen Lebensmonat nachzuweisen sind. Ich möchte jedoch dazu bemerken, daß es mir nicht bei allen Embryonen des 3. Monats gelungen ist, elastische Fasern nachzuweisen, so daß die von andern Autoren gemachten Angaben über ein späteres Auftreten der elastischen Substanz nicht ohne weiteres auf eine mangelhafte Beobachtung zurückzuführen sind. Eine Erklärung für solche anscheinend sich

widersprechenden Angaben dürfte wohl damit zu geben sein, daß sich in manchen Präparaten gewisse Dinge mit einem Schlage auf das deutlichste darstellen lassen, nach denen man in anderen lange vergeblich gefahndet hat. Man muß sich nur hüten, aus solchen negativen Befunden gleich zu weitgehende Schlußfolgerungen zu ziehen. Und gerade bei dem Nachweis des elastischen Gewebes spielen bekanntlich verschiedene Momente, z. B. die Konservierung, die Technik der Fixierung, Härtung und Einbettung, die Güte des Farbstoffes und schließlich auch das Glück des Untersuchers eine wesentliche Rolle. Endlich sei noch erwähnt, daß bei diesem Embryo (80 mm Länge), der allerdings eine ganz vorzügliche Konservierung aufweist, bei der gleichen Färbung auch eine schön ausgebildete DESCEMETsche Membran zu sehen ist, während ich sie bis jetzt bei gleich langen und auch etwas längeren Embryonen noch nicht nachzuweisen vermochte.

Es könnte auffallend erscheinen, daß die elastischen Fasern in der Figur 1, Tafel XXXVI fast durchgehends quer getroffen sind. Doch ist dazu zu bemerken, daß dies in der Gegend des hinteren Augenpols fast durchgehends auch bei den viel zahlreicheren kollagenen Fibrillen der Fall ist. Übrigens zeigen an dieser Stelle die elastischen Fasern im ausgewachsenen Auge den gleichen Verlauf.

In der Figur 1, Tafel XXXV sowie auf mehreren Figuren der Tafeln XIX und XX ist sehr deutlich zu sehen, daß sich die Sehnen der geraden Augenmuskeln in einer langen Strecke ihres Verlaufes sowohl von der Sklera als der TENONschen Kapsel deutlich abheben. Nur an der Insertionsstelle der Sehne an der Sklera selbst findet ein unmerklicher Übergang der beiden statt. Die Sklera erscheint in dieser Gegend im Vergleich zur Hornhaut sehr dünn und bleibt dies auch noch längere Zeit, so während des ganzen 4. Monats und auch noch bis weit in den 5. Monat hinein (vgl. Taf. XXI bis XXIII). Die Folge davon ist, daß sie bald von dem anfangs in der Entwicklung zurückgebliebenen hinteren Abschnitt überholt und an Dicke übertroffen wird. Die Dickenzunahme der Sklera erfolgt durch eine reichliche Produktion von Bindegewebe, hinter der der anfangs so beträchtliche Kernreichtum immer mehr zurückbleibt. Mitosen sind schon von der Mitte des 3. Monats sehr selten und bald überhaupt nicht mehr nachzuweisen. Ich will damit aber nicht sagen, daß sie in Wirklichkeit nicht vorhanden sind. So hat man sie z. B. bislang auch in der Retina vom 4. Monat an nicht mehr gefunden, während ich vor kurzem noch bei einem Fötus vom Ende des 6. Monats Mitosen nachweisen konnte.

Die Abgrenzung der Sklera von der Chorioidea ist bereits gegen das Ende des 3. Monats ziemlich deutlich, hingegen läßt die Differenzierung der äußeren Grenze wegen der später einsetzenden Entwicklung der TENONschen Kapsel noch etwas länger auf sich

warten. Ich muß hier noch einen Irrtum berichtigen, der seinerzeit MANNHARDT unterlaufen und meines Wissens bis jetzt unwidersprochen geblieben ist. MANNHARDT hat in seinen Arbeiten über das Coloboma Sklero-Chorioideae (1897 und 1905), wie er es nannte, unter Berufung auf v. AMMON und eigene Untersuchungen die Ansicht ausgesprochen, daß sich die inneren Lagen der Sklera gemeinsam mit der Aderhaut entwickelten, während die äußeren später durch Apposition hinzukämen. Das ist aber nicht der Fall. Die Sklera entwickelt sich wie die Hornhaut ganz aus sich selbst heraus und ihre Dickenzunahme erfolgt nicht durch Apposition von außen, sondern durch eine gleichmäßige Vermehrung ihrer eigenen Formelemente. Es scheint mir der Verdacht nicht unbegründet, daß MANNHARDT bei seinen eigenen embryologischen Untersuchungen die der Oberfläche der Sklera innig angelagerte TENONsche Kapsel für eine Apposition skleralen Gewebes gehalten hat, worauf in dem nächsten Kapitel noch etwas genauer eingegangen werden soll.

Die Dickenzunahme der Sklera erfolgt später im allgemeinen ziemlich gleichmäßig in ihrem ganzen Umfange. Die Ausbildung der bleibenden skleralen Struktur kann bereits gegen das Ende des 5. Monats als abgeschlossen gelten. So zeigen die Figuren 2 und 3, Tafel XXXV bereits fertige Zustände. Eine Ausnahme macht hier lediglich die sklerale Lamina cribrosa, die sich bekanntlich sehr spät entwickelt. Doch scheint es mir zweifelhaft, ob man sie auf Grund des entwicklungsgeschichtlichen Verhaltens überhaupt als einen Teil der Sklera ansprechen kann.

Die Tenonsche Kapsel.

Von R. SEEFELDER.

Die TENONsche Kapsel geht aus dem gleichen Mutterboden hervor wie die Sklera; sie tritt aber erst etwas später in Erscheinung. Auch von ihr ist in analoger Weise der vordere Abschnitt früher nachzuweisen als der hintere. So finden wir bei dem 80 mm langen Embryo der Fig. 1, Tafel XXXV nach außen von dem sehnigen Anteile des Musculus rectus lateralis eine deutlich differenzierte Bindegewebsschicht, die sich einerseits bis unter die Conj. bulbi, andererseits bis in die Conj. palp. hineinstreckt, und die nach ihrer ganzen Lage und späteren Entwicklung mit Bestimmtheit als die Anlage der TENONschen Kapsel

anzusehen ist. Dagegen ist bei diesem Stadium nach hinten von dem sehnigen Muskelanteil noch kein sicheres Anzeichen von einer Kapselbildung nachzuweisen. Es fehlen auch z. B. noch die Muskelscheiden, von denen wir wissen, daß sie unmittelbar in die TENONsche Kapsel übergehen, und das an das schon deutlich hervortretende Skleralgewebe grenzende orbitale Zellgewebe trägt noch alle Merkmale des embryonalen Bindegewebes zur Schau. Ich möchte mich gleich hier gegen die fast allgemein gebräuchliche und auch in der vorzüglichen Beschreibung der T. K. von HESSER (1913) angewandte Bezeichnung wenden, daß die T. K. von den Sehnen der Augenmuskeln durchbohrt werde, da dieser Ausdruck leicht zu falschen Vorstellungen verleiten könnte. Die Anlagen der Augenmuskelsehnen sind nämlich, wie die Figur 1, Tafel XXXV lehrt, schon vorhanden, ehe der hintere Abschnitt der TENONschen Kapsel nachweisbar ist. Es kann also von einer durchbohrenden Tätigkeit der Sehnen keine Rede sein, vielmehr werden die Sehnen von der TENONschen Kapsel nachträglich eingescheidet und umwachsen. Es handelt sich hier um einen ganz ähnlichen Vorgang, wie bei der Bildung des glashäutigen Überzuges um die Balken des uvealen Gerüstwerkes in der Kammerbucht zahlreicher Säugetiere. Der glashäutige Überzug ist in den Augen von älteren Tieren vorhanden, bei jüngeren dagegen nicht. Daraus geht hervor, daß die Balken erst mit Glashaut umwachsen worden sind. Man hat aber irrtümlicherweise auch hier behauptet, dass die glashäutige Substanz bezw. die Membrana Descemetii von dem uvealen Gerüstwerk durchbohrt werde. Wie sollte aber das weiche uveale Gerüstwerk die starre DESCEMETsche Membran durchbohren können?

Die Entwicklung des vorderen Abschnittes der TENONschen Kapsel macht im Laufe des 4. Monats erhebliche Fortschritte, so daß die Kapsel namentlich in solchen Präparaten, in denen sie von dem Bulbus etwas weggezerrt worden ist, deutlich von der Umgebung abzugrenzen ist. Man findet dann zahlreiche fibrilläre Verbindungen zwischen Bulbus und Kapsel, deren lamelläre Anordnung an den Bau der Suprachorioidea erinnert. Nie jedoch gelingt es, was auch HESSER betont, zwischen der Kapsel und Sklera eine endotheliale Auskleidung nachzuweisen.

Der hintere Abschnitt der TENONschen Kapsel entwickelt sich, wie gesagt, erst später. Er ist bei einem 122 mm langen Fötus erst schwach angelegt, und erscheint erst gegen Anfang oder Mitte des 5. Monats etwas kräftiger (Tafel XXXV, Fig. 2). Mit der Entwicklung des hinteren Abschnittes der T. K. hält die der Muskelscheiden und ihrer Verbindungen mit der Kapsel gleichen Schritt. Die Kapsel unterscheidet sich in allen Stadien von der Sklera durch ihre zartere Struktur, die sich durch eine lockrere Anordnung ihres Gewebes und eine blassere Färbung zu erkennen gibt. Sie liegt dem hinteren Augenpol eng an, verschmilzt

in der Nähe des Sehnerveneintritts mit der Sklera und dringt in den Raum zwischen den Muskelansätzen und der Sklera ein, wo sie mit den Muskelscheiden innig verschmilzt. Auch ihre Fortsetzung nach vorne entlang der Außenseite der Muskel, ihre Verbindungen mit der Bindehaut des Bulbus, des Oberlids und der halbmondförmigen Falte sind im 5. Monat schon deutlich entwickelt. Der hintere Abschnitt der Kapsel weist mit den das Orbitalfett durchquerenden Bindegewebszügen mehrere Verbindungen auf.

Auf der nächsten Abbildung (Tafel XXXV, Fig. 3) ist die Entwicklung der TENONschen Kapsel noch weiter vorgeschritten; so ist jetzt besonders auch der hintere Abschnitt der Kapsel mächtiger geworden. Entgegen den Angaben von HESSER hat es hier sogar den Anschein, daß die TENONsche Kapsel bis an die Sehnervenscheiden herantritt und an der medialen Seite mit ihnen verbunden ist. Die Kapsel weist auch bei diesem Fötus zahlreiche und kräftige Verbindungen mit dem Orbitalgewebe auf, die aber in der Abbildung auf Grund der schwachen Vergrößerung nur sehr unvollkommen zum Ausdruck gekommen sind.

Das Blutgefäßsystem des Auges.

Von R. SEEFELDER.

I. Das Gefäßsystem der Arteria hyaloidea.

A. Das primitive Stadium.

Das jüngste Stadium, bei dem ich eine Arteria hyaloidea nachweisen konnte, war ein Embryo von 5 mm größter Länge, von dem zwei Sagittalschnitte auf Tafel VII, Fig. 1 und 2 zu sehen sind. Die fötale Augenspalte ist in diesem Stadium bereits entwickelt, jedoch noch ausschließlich auf den Augenbecher selbst beschränkt. Die Spalte ist in ihrem ganzen Verlauf vom Becherrande bis zum Ansatze des Augenblasenstiels von der bereits ziemlich kräftigen Arteria hyaloidea eingenommen, die am Becherrande mit einem den Becherrand umkreisenden ebenfalls kräftigen Gefäße, dem sogen. Ringgefäß, in Verbindung steht und in ganz kurzer Entfernung von dem Becherrande nochmals eine Verbindung mit dem den Augenbecher umkreisenden Gefäßsystem aufweist. Weiter hinten ist, trotzdem das ganze Gefäßsystem des ganzen Embryos strotzend mit Blut gefüllt ist, keine Verbindung

mehr nachzuweisen. Die Arterie endigt vielmehr blind in dem noch sehr schmalen Raum zwischen der Linse und dem inneren Blatte des Augenbechers.

Bei einem 6,5 mm langen Embryo ist bereits eine zweite Verbindung der Arterie nach außen vorhanden, die den Augenbecher unmittelbar vor dem Ansatz des Optikusstiels verläßt. Das Gefäß weist an dieser Stelle, trotzdem es im übrigen ziemlich schmal und fast ausgeblutet ist, eine auffallend starke Anschwellung auf, ein Verhalten, das, wie die Untersuchung der folgenden Stadien lehrt, als konstant bezeichnet werden kann. Um so auffälliger ist es, daß das Gefäß auch bei diesem Stadium nicht viel weiter rückwärts zu verfolgen ist. Sein Kaliber nimmt fast plötzlich ab, und es ist unmöglich, die Fortsetzung des Gefäßes in dem Gemenge von Mesodermzellen und einzelnen schwachen nahezu wandungslosen Gefäßen mit Sicherheit herauszufinden. Die fötale Augenspalte ist bei diesem Stadium noch in ganzer Ausdehnung geöffnet, jedoch vorne und hinten wesentlich breiter als in den mittleren Partien. Dies kommt davon her, daß hier bereits der Schließungsprozeß der Augenspalte im Gange ist, in dessen Verlaufe sich der mittlere Abschnitt der Becherspalte verengert hat. Man ersieht daraus, daß der Schließungsvorgang unmittelbar nach der Bildung der Becherspalte einsetzt. Der genannte Vorgang ist auch von Einfluß auf die Gestalt der Arteria hyaloidea. Die Arterie verläuft nämlich von da an nicht mehr geradlinig von vorne nach hinten, sondern erscheint in ihrem mittleren Abschnitt mehr in das Innere des Augenbechers verlagert. Sie beschreibt also einen leichten Bogen, dessen Konvexität nach dem Glaskörperraum gerichtet ist (Fig. 3, Tafel VIII und Fig. 8, Tafel IX), und sie behält diesen Verlauf bis zum Schlusse der fötalen Augenspalte bei. Auch die vorhin erwähnten drei Gefäßverbindungen, nämlich die am Becherrande, etwas nach hinten (stielwärts) vom Becherrande (s. Figur 12) und am hinteren Ende der Becherspalte, sind konstant nachweisbar.

Bald darauf vollzieht sich im Bereiche der hinteren Gefäßverbindung, d. h. an der Austrittstelle der Arterie aus dem Augenbecher eine beträchtliche Lageverschiebung, die für den Schließungsvorgang der Augenspalte und für die ganze weitere Entwickelung des Auges überhaupt von großer Bedeutung ist. Während nämlich die Arterie das Auge zunächst ausschließlich im Bereiche des Augenbechers verläßt, greift sie schon bei etwas älteren Embryonen auch auf den Augenbecherstiel hinüber, der nunmehr ebenfalls eine tiefe Einstülpung aufweist. So liegt ihre Austrittstelle eine kurze Spanne Zeit teils im Bereiche des Augenbechers, teils des Augenblasenstiels. Sie bildet zu dieser Zeit schon ein mächtiges Gefäß, das sich bereits an der Austritts- oder, nunmehr besser gesagt, an der Eintrittstelle in das Auge in zwei oder mehrere Äste teilt und den ihm hier zur Verfügung stehenden Raum vollständig

ausfüllt, ja sogar einen deutlichen Abdruck in dem inneren Blatt des Sehstiels bezw. des Augenbechers bildet (vgl. Fig. 3 u. 4, Tafel XXXVII, 2 u. 3, Tafel VIII, 7 u. 8, Tafel IX). Noch später (bei einem 12,7 mm langen Embryo) kommt die Eintrittsstelle der Arterie ausschließlich in den Bereich des Augenblasenstiels zu liegen.

Mittlerweile hat sich die Augenbecherspalte auch in ihrem hinteren Abschnitt geschlossen, sodaß sie nur noch am Becherrande geöffnet ist. Von dieser Stelle ist noch hervorzuheben, daß die Arteria hyaloidea hier nahezu konstant in zwei Äste, einen stärkeren und einen schwächeren, geteilt ist, oder eine auf eine Zweiteilung hinweisende Einschnürung aufweist.

Von den genannten drei Gefäßverbindungen bildet sich die mittlere und zugleich schwächste schon während des Schließungsvorganges des mittleren Abschnittes der Becherspalte zurück.

Die Verbindung der Arteria hyaloidea nach hinten.

Die von HUGO FUCHS (1905) beim Kaninchen konstatierte Tatsache, daß die Arteria hyaloidea anfangs nur mit dem Ringgefäß in Verbindung steht und erst später einen Anschluß an das Gefäßsystem der Arteria ophthalmica erhält, ist nach dem genannten Autor nicht anders zu verstehen, als daß mit der Ausbildung der hinteren Gefäßverbindung eine Umkehrung des anfangs von vorne nach hinten gerichteten Blutstromes stattfindet. Die Verfolgung der Arteria hyaloidea bis zu ihrem Abgang von der Ophthalmica ist aber häufig auch noch zu einer Zeit schwer durchzuführen, in der das ganze Gefäßsystem bereits mit Sicherheit ausgebildet sein muß, weil das Kaliber der Arterie außerhalb des Auges plötzlich rasch abnimmt, so daß sich die Arterie nur wenig oder gar nicht von ihrer Umgebung abhebt. Trotz dieser Schwierigkeiten ist uns aber der rückwärtige Verlauf der Arterie Dank den Mitteilungen von VERSARI (1903) und DEDEKIND (1908) z. Zt. hinlänglich bekannt.

Die Arteria hyaloidea entspringt für gewöhnlich nicht direkt aus der Arteria ophthalmica, sondern aus einem ihrer Seitenäste, der sich nach ganz kurzem Verlaufe in zwei sekundäre Äste, die Arteria hyaloidea und Arteria ciliaris longa nasalis teilt. Die eigentliche Fortsetzung der Arteria ophthalmica wird nach DEDEKIND von der Arteria ciliaris longa temporalis gebildet, die sowohl das stärkste von den genannten Gefäßen ist, als auch die Verlaufsrichtung der Stammarterie ziemlich genau beibehält. Die Lagebeziehungen aller Gefäße zu einander, sowie zum Sehnerven sind aus der nebenstehenden von DEDEKIND übernommenen Figur 43 zu ersehen. Danach verläuft die Arteria opththalmica an der kaudalen Seite des Sehnerven, während die Arteria hyaloidea an der temporokaudalen Seite des

Sehnerven abgeht, jedoch bald seine kaudale Seite erreicht. Sie umgreift im weiteren Verlaufe den unteren nasalen Abschnitt des Sehnerven, um im unteren nasalen Quadranten der Optikusinsertion in das Zentrum des Sehnerven einzudringen.

Bei dem abgebildeten Embryo ist das Kaliber der Arteria hyaloidea im Vergleich mit jüngeren Stadien stark reduziert. Dadurch erklärt sich auch die oben zitierte Angabe DEDEKINDS, daß die Arteria ciliaris longa temporalis stärker entwickelt sei, als die Arteria hyaloidea. In jüngeren Stadien, z. B. bei einem 11,3 mm langen Embryo RABLS (Tafel XII,

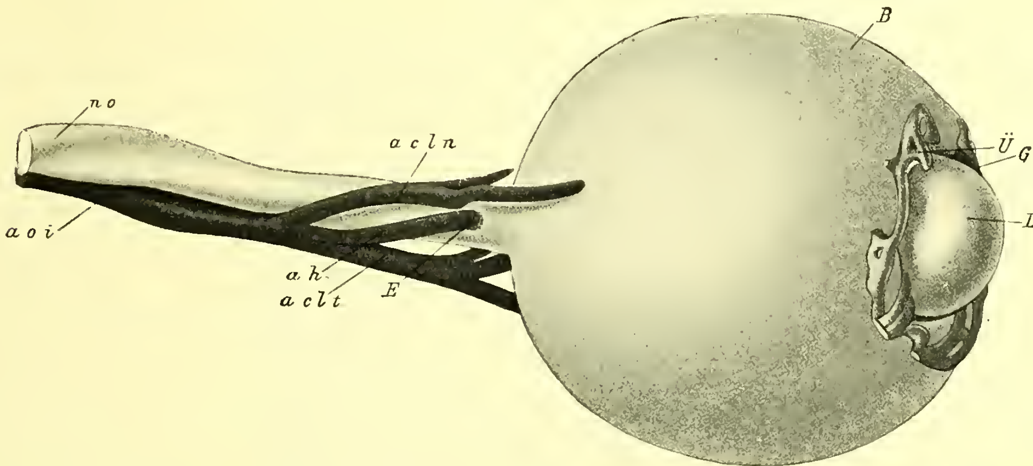


Fig. 43. Linkes Auge eines 19 mm langen Embryos (*Ma*$_2$ Hochstetter) nach Hinwegnahme der Venen von der nasalen Seite gesehen. (Vergrößerung 66fach.) Aus DEDEKIND, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte usw. 1908.
n o Nervus opticus. *B* Bulbus. *L* Linse. *E* Eintrittsstelle der A. hyaloidea in den Sehnerven. *a o i* A. ophthalmica. *a c l t* A. ciliaris longa temporalis. *a c l n* A. ciliaris longa nasalis. *a h* A. hyaloidea. *Ü G* Übergangsgefäße aus dem Bulbusinnern zur Chorioidea.

Fig. 3) und einem 14,5 mm langen Embryo SEEFELDERS (Tafel LXII, Fig. 3) ist kein nennenswerter Unterschied in dem Kaliber dieser beiden Gefäße festzustellen.

Außer den obengenannten Gefäßen hat DEDEKIND noch zwei temporalwärts abgehende Nebenäste der Arteria ophthalmica nachweisen können, die sich in der nächsten Umgebung des Optikus verloren.

Ich selbst habe bei jungen Embryonen verschiedentlich eine ziemlich kräftige Gefäßverbindung der Arteria hyaloidea mit dem den Optikus umspinnenden Gefäßnetz gefunden, die sich ebenfalls in der nächsten Umgebung des Sehnerven verlor.

Die betreffende Gefäßverbindung fand sich bei einem 8 mm langen Embryo in der nächsten Nähe des Augenbechers (Taf. XXXVII, Fig. 4), bei einem 12,7 mm langen war sie etwas weiter davon entfernt (Taf. XXXVIII, Fig. 8).

Die weitere Entwicklung der Arteria hyaloidea.

Nachdem die Arteria hyaloidea die Optikusrinne betreten hat, verläuft sie innerhalb der Rinne in gerader Richtung bis in das Innere des Auges. Sie füllt bei ganz jungen Embryonen die ganze Optikusrinne und den größten Teil des ventralen Glaskörperraums aus. Innerhalb des Glaskörpers entsendet sie einen kurzen Fortsatz nach oben, dessen Form der Konvexität des Linsenbläschens angepaßt ist, und der schon zur Tunica vasculosa lentis gerechnet werden kann. Die Arterie teilt sich, wie gesagt, häufig schon innerhalb der

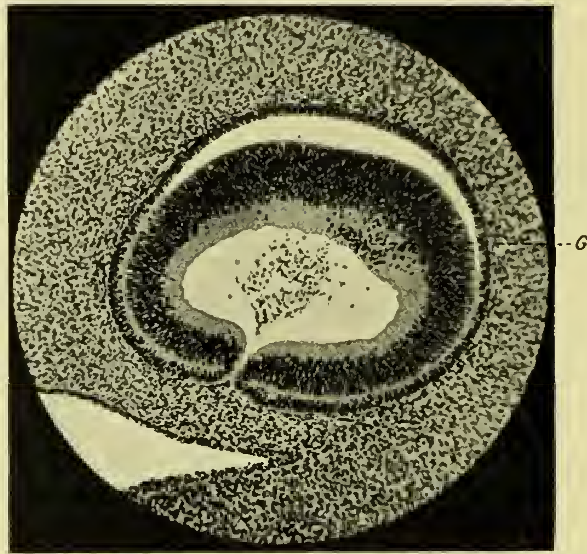


Fig. 44. Sagittalschnitt durch die Augenanlage eines 12,7 mm Embryos. *G* = Ganglienzellen.

Optikusrinne in 2—3 Äste, die eng aufeinander gepreßt und nur durch eine einfache endotheliale Zellage von einander abgegrenzt sind. Diese Äste durchziehen den Glaskörper in mehrfachen Windungen, so daß in Querschnitten ein nur schwer zu entrollendes Gemenge von Gefäßen zu sehen ist, während sich in Sagittalschnitten der Beurteilung der ganzen Verhältnisse nicht die geringsten Schwierigkeiten entgegenstellen.

Allmählich bildet sich eine größere Anzahl von Ästen aus, die der Hinterfläche der Linse zustreben und sie mehr und mehr einhüllen. So habe ich bei einem 9 mm langen Embryo 4 bis 5, und bei einem 11,3 und 12,7 mm langen Embryo 6 bis 7 Äste an der Linsenhinterfläche gezählt (s. Tafel XII, Fig. 3 und Figur 44). Bei dem 9 mm langen Embryo erstreckten sich nur 1 Ast, bei dem 12,7 mm langen Embryo bereits 2 bis 3 über den hinteren Linsenpol hinauf. Bei diesem Embryo war also bereits der hintere Abschnitt der Gefäß-

kapsel der Linse verhältnismäßig gut entwickelt. Bei einem 14,5 mm langen Embryo ist bereits die ganze hintere Linsenfläche bis nahe an den Linsenrand heran von Gefäßen umgeben. Die Zahl der hinter der Linse vorhandenen Gefäße beträgt bei ihm bereits gegen 13, doch gehören mehrere von ihnen schon dem Gefäßsystem der sogenannten Vasa hyaloidea propria an. Es ist jedoch zu beachten, daß das Kaliber der Äste anfangs immer kleiner wird, je mehr Verzweigungen auftreten.

Bei allen den genannten Embryonen erfolgt noch der Abfluß des gesamten Blutes der Arteria hyaloidea ausschließlich durch die Gefäßverbindung mit der Ringarterie im Bereiche des vorderen Endes der Becherspalte. Das Bedürfnis nach anderen Verbindungen macht sich erst von dem Zeitpunkt an geltend, in dem sich die primäre Verbindung der Arteria hyaloidea mit dem Ringgefäß zurückbildet, und nachdem die Entwicklung der Gefäßkapsel der Linse noch weitere Fortschritte gemacht hat. So habe ich die ersten sekundären Verbindungen der Arteria hyaloidea erst bei einem 19 mm langen Embryo gefunden, bei diesem aber gleich vier gezählt, von denen zwei über den medialen und zwei über den lateralen Augenbecherrand hinüberzogen. Die ersteren lagen mehr im ventralen, die letzteren mehr im dorsalen Abschnitt der Augenanlage.

Mit der Vergrößerung des Glaskörperraumes, die von der 6. Woche an rasche Fortschritte macht, geht eine sehr reiche Verzweigung der Arteria hyaloidea einher, bis schließlich der ganze Glaskörperraum von den zarten Sprossen der Arterie durchzogen ist. Interessant ist, daß in einem gewissen Stadium (etwa Mitte des 3. Monats) im vorderen Augenabschnitt einzelne Äste bis an die Netzhaut herantreten. Die Verzweigung der Arterie beginnt bei Embryonen in der ersten Hälfte des 3. Monats bereits beim Eintritt in den Glaskörper, so daß der Stamm des Gefäßes nur wenig über den Sehnerven hinaus verfolgt werden kann. (Tafel XIX, Fig. 1 und 4, Tafel XLII, Tafel XLIII, 1.)

Die Äste der Arterie anastomosieren vielfach untereinander, und bilden so ein wirkliches arterielles Wundernetz (DEDEKIND). Die Abstände der Gefäßzweige nehmen mit der Vergrößerung des Glaskörperraumes immer mehr zu. Trotz der raschen Vermehrung der Verzweigungen der Arterie erfährt das Kaliber ihres Hauptstammes gegen Ende des 2. und zu Anfang des 3. Monats eine beträchtliche Abnahme. Es ist dies eine schon von so viel Autoren und in so zahlreichen Präparaten beobachtete Tatsache, daß an ihrer Echtheit nicht gezweifelt werden kann. Auch die Abbildungen auf den Tafeln XXXVII bis XLIII legen dafür ein beredtes Zeugnis ab. Die Kaliberabnahme der Arterie beginnt ungefähr zur Zeit der Entwicklung der Nervenfasern und hält so lange an, bis der Sehnerv gänzlich von Nervenfasern durchwachsen ist (Embryo von 20 bis 25 mm Länge). Im Verlaufe des 3. Monats

tritt jedoch wieder eine Vergrößerung des Hauptstammes der Arterie ein, den man nunmehr auch innerhalb des Glaskörperraumes auf eine längere Strecke verfolgen kann (Tafel XXX, Fig. 2, Tafel XLIII, Fig. 2). Im Verlaufe des 4. Monats endlich ist die Arterie in wagerecht verlaufenden Schnitten stets eine längere Strecke nach vorne zu verfolgen (Tafel XLIV, Fig. 2 und 3).

Die Lage der Arterie entspricht in dieser sowie auch noch in der nächsten Folgezeit ungefähr dem Zentrum der Papille. Später tritt eine deutliche Verschiebung der Arterie nach der medialen Seite ein, bis schließlich ihre Ursprungstelle ganz auf das mediale Nervenfaserknie verlegt erscheint. In jener Zeit ist jedoch die Arteria hyaloidea bereits zu einem Gefäß zweiten Ranges herabgesunken und sie bildet nur noch einen Ast und nicht mehr die einzige Fortsetzung der Arteria centralis nervi optici.

Die Beziehungen des Gefäßsystems der Arteria hyaloidea zu ihrer Umgebung.

A. Innerhalb des Optikusstammes.

Die primitive Arteria hyaloidea grenzt in jungen embryonalen Augen während ihres Verlaufes innerhalb der Optikusrinne und beim Eintritt in den Glaskörper unmittelbar an den Randschleier des Sehnerven und der Netzhaut. Die endotheliale Zellwandung der jungen Arterie und der Randschleier bezw. dessen Grenzhaut grenzen hier so hart aneinander, daß zwischen ihnen beiden kein Zwischenraum nachweisbar ist (Tafel XXXVII, Fig. 3 und 4 und Tafel XXXVIII, Fig. 5—8). Während der Abnahme des Kalibers der Arterie entsteht jedoch zwischen ihr und dem Sehnervengewebe ein Spaltraum, der von einem sehr zarten protoplasmatischen Fasergerüst ausgefüllt wird, das sowohl mit der Grenzhaut als mit der Arterie innig zusammenhängt und mit dem bekannten sog. embryonalen Stützgewebe eine weitgehende Übereinstimmung aufweist (Tafel XXXIX, Fig. 8 und Tafel XLI). Eine zellige Abgrenzung des nervösen Optikusgewebes von der Arterie ist selbst bei Embryonen von 20—25 mm Länge noch nicht nachweisbar, und auch innerhalb des Gefäßtrichters ist zunächst keine zellige Auskleidung vorhanden (Tafel XLIII, Fig. 1). Dieses Verhalten erfährt jedoch im Verlaufe des 3. Monats eine Änderung. So finden wir die Wand des Gefäßtrichters bereits bei Embryonen von 25 bis 30 mm Länge von einer ein- bis zweifachen Lage von Zellen ausgekleidet, die teilweise epithelial angeordnet sind und stellenweise etwas über das Niveau der Sehnerven vorspringen (Tafel XLIV, Fig. 1). Die Zellen erstrecken sich schon frühzeitig

ein wenig über das Nervenfaserknie hinüber, reichen jedoch nie weit darüber hinaus. Sie liegen anfangs sämtlich unter der inneren (membrana limitans int.) Grenzhaut und stehen mit der Gefäßwand in keinem direkten Zusammenhang. Dagegen weisen sie mit den benachbarten Zellen des Sehnerven von Anfang Verbindungen auf. Ihre Identität mit den letzteren liegt somit klar auf der Hand, und sie ist auch in der jüngsten Zeit von verschiedenen Autoren z. B. DRUAULT (1911), MAGITOT (1910) u. a. ohne weiteres anerkannt worden. Die beschriebene zellige Auskleidung des Gefäßtrichters bildet die erste Anlage des bekannten Gliamantels der Arteria hyaloidea, dessen weitere Entwicklung im folgenden Kapitel eingehend geschildert werden soll.

In dem Optikusstamme von Embryonen des 3. Monats ist in der Umgebung der Arterie als auffälligste Veränderung die Tatsache zu verzeichnen, daß sich an der Grenze des Sehnervengewebes und der Arteria hyaloidea eine epithelartig angeordnete Zellschicht entwickelt, die die Arterie mantelförmig umgibt und von dem Sehnervengewebe abschließt. Daraus entwickelt sich schon in den nächsten Wochen der bekannte zentrale Gliamantel des Sehnerven, auf den ich ebenfalls noch in einem späteren Kapitel zurückkommen werde.

B. Innerhalb des Glaskörperraumes.

Die Verzweigungen der Arteria hyaloidea innerhalb des Glaskörperraumes gehen mit dem Glaskörpergewebe allenthalben zahlreiche und innige Verbindungen ein, so daß die Gefäße innerhalb des Glaskörpergerüstes aufgehängt zu sein scheinen. Diese Beziehungen sind in gut konservierten Präparaten schon bei schwacher Vergrößerung festzustellen (Tafel XX, Fig. 2). Der Glaskörper bildet am Anfang des 3. Monats ein ziemlich gleichmäßiges Maschenwerk (Tafel XIX), er weist jedoch bereits gegen die Mitte des Monats ein ganz anderes Aussehen auf. Während nämlich bis dahin die Glaskörperstruktur auch in der nächsten Umgebung der Gefäße ihr gleichmäßiges Aussehen beibehält, sehen wir bei Embryonen von etwa 80 bis 90 mm Länge die Gefäßwände mit zahlreichen langen, kräftigen Fibrillen bespickt, die von da nach allen Richtungen ausstrahlen und vielfach bis an die Netzhaut heranreichen. Endlich fällt in die gleiche Zeit die Entwicklung des sog. zentralen Glaskörpergewebes (RETZIUS, v. LENHOSSÉK), das ebenfalls in engen Beziehungen zur Arteria hyaloidea steht. Was dieses betrifft, so hat SEEFELDER (1910) betont, daß es ein Produkt des Gliamantels der Arteria hyaloidea ist und MAWAS und MAGITOT haben seine Angabe bestätigt.

Die Entwicklung des Gliamantels macht bereits im 3. Monat erhebliche Fortschritte; die anfangs einfache Zellenreihe wächst rasch zu einem ansehnlichen Zellhaufen an, der sich

in den Glaskörper hinein erstreckt und die Basis der Arteria hyaloidea mantelförmig einhüllt, ohne die Arterie selbst zu berühren (Tafel XLIV, Fig. 2). Der Raum zwischen der Arterie und dem Mantel ist jedoch nicht, wie bisher angegeben worden ist, leer, sondern von Fibrillen ausgefüllt, die etwas zarter sind als die des zentralen Glaskörpers, aber sonst mit ihnen eine weitgehende Übereinstimmung aufweisen.

Innerhalb des Gliamantels sind schon frühzeitig größere und kleinere Lücken nachweisbar, die zum Teil wohl durch ein unregelmäßiges Wachstum des Mantels bedingt sein mögen, in der Hauptsache jedoch durch eine sehr bald einsetzende Loslösung von Mantelzellen und deren Auswanderung in den Glaskörper verursacht werden. Dieser Vorgang ist auf Tafel XLIV, Figur 2 in schönster Ausbildung zu sehen. Es handelt sich hier um den Gliamantel eines 18 cm langen Fötus, bei dem der Mantel nahezu auf der Höhe seiner Ausbildung ist. Er sitzt der Sehnervenscheibe breitbasig auf und erstreckt sich ringsum bis über das Nervenfaserknie hinüber. Seine Länge hat beträchtlich zugenommen. Innerhalb des Mantels ist sowohl lateral als medial je eine größere Lücke nachzuweisen, in denen sich freie Zellen mit runden, meist etwas exzentrisch gelegenen Kernen und rundem, lebhaft gefärbtem Protoplasmaleib befinden. Der Zusammenhang dieser Zellen mit den sternförmig verästelten Mantelzellen ist an verschiedenen Stellen nachzuweisen, und damit ihre Herkunft einwandfrei erwiesen. Die freien Zellen sind häufig mit allen möglichen Degenerationserscheinungen behaftet. So sind von der Aufblähung und Vakuolisierung des Protoplasmaleibs bis zum vollständigen Kern- und Zellschwund alle Übergänge festzustellen, doch finden sich diese Veränderungen mehr bei den in den Glaskörper ausgewanderten Zellen, als innerhalb des Gliamantels. Durch die Auswanderung und Degeneration der Mantelzellen werden schließlich derartige Lücken hervorgerufen, daß der Gliamantel von Föten des 4. und 5. Monats gewöhnlich ein sehr zerzaustes Aussehen darbietet. Es liegt auf der Hand, daß es sich dabei in erster Linie um eine Rückbildungserscheinung des Gliamantels handelt, doch muß auffallen, daß diese Veränderungen schon zu einer Zeit einsetzen, in der der Gliamantel noch lange nicht am Ende seiner Entwicklung angelangt ist. Es drängt sich dabei unwillkürlich der Gedanke auf, daß dem ganzen Vorgang nicht bloß eine ab- sondern auch eine aufbauende Rolle zuzuerkennen sei, ein Gedanke, dem zuerst (1912) Mawas und Magitot in ihrer schönen Arbeit über die Entwicklung des Glaskörpers und der Zonula Zinnii Ausdruck gegeben haben. Sie schreiben den Zellen ebenso wie den von mir zuerst beschriebenen sog. ektodermalen Glaskörperzellen (s. S. 110) eine große Bedeutung bei der Bildung der Glaskörperflüssigkeit zu und setzen sie in Analogie zu den sog. holokrinen Drüsenzellen.

Nach diesen beiden Autoren ist jedoch die Ausbreitung und die Aufgabe des Gliamantels der Arteria hyaloidea noch wesentlich umfassender, als ich seinerzeit angegeben habe. Ich habe seinerzeit betont, daß der Gliamantel auf der Höhe seiner Entwicklung nicht mit der Arterie in Verbindung stehe, und daß er nicht über eine gewisse Strecke des Hauptstammes der Arterie hinausreiche. MAWAS und MAGITOT haben dagegen angegeben, daß die Spitze des Gliamantels stets mit der Arterie zusammenhänge, und daß von da aus die ganzen Verzweigungen der Arterie mit Gliazellen überkleidet würden. Ja die gleichen

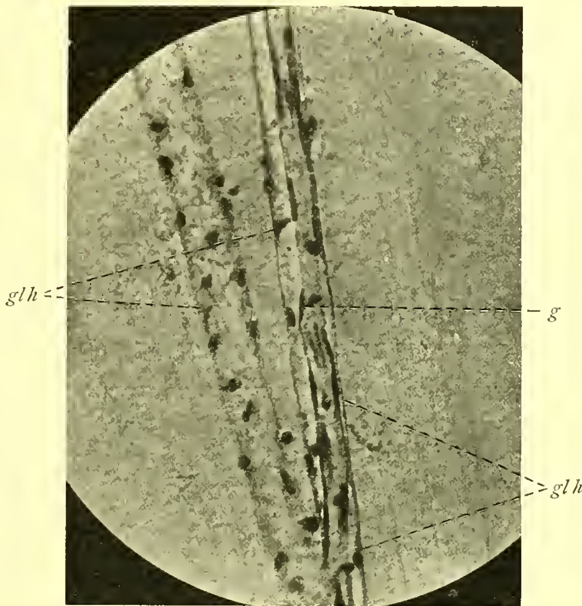


Fig. 45. Arteria hyaloidea und Gliahülle der Arteria bei einem 180 mm langen Fötus.
glh = Gliahülle. *g* = Gefäßrohr.

Zellen sollen sogar mit den Gefäßen der Membrana capsulo-pupillaris in die vordere Augenkammer gelangen und dort die bekannte homogene primitive Kammerflüssigkeit bilden. Ich habe anfangs Bedenken getragen, diese Anschauungen zu übernehmen, habe mich jedoch in der neuesten Zeit durch das Studium eines besonders instruktiven Präparates von ihrer Richtigkeit voll und ganz überzeugt. Ich finde nämlich tatsächlich bei dem bereits erwähnten Fötus von 18 cm Länge sämtliche Verzweigungen der Arteria hyaloidea vom Sehnerven bis in die vordere Augenkammer durchwegs mit einem lückenlosen Mantel von Gliazellen umgeben. Das Präparat ist, wie es scheint, etwas geschrumpft, so daß sich die Gliazellen überall ein wenig von dem Gefäßrohr abgehoben haben. Sie beginnen jedoch, wie Figur 2, Tafel XLIV

zeigt, nicht erst an der Spitze des Gliamantels, sondern bereits unmittelbar an der Austrittsstelle der Arterie aus dem Sehnerven. Die Arterie weist also in der Nähe des Sehnerveneintritts einen doppelten (inneren und äußeren) Gliamantel auf. Der innere Mantel, den ich im Folgenden als Gliahülle bezeichnen möchte, ist nun leicht entlang den ganzen Gefäßverzweigungen nachzuweisen. Besonders instruktiv scheint mir dabei die umstehende Figur 45 zu sein. Sie zeigt die erste Gabelung des Hauptstammes der Arterie, den wir in Figur 2, Tafel XLIV vor uns haben. In der rechten Gabelsprosse sind sowohl die Gefäßwandung als die Gliahülle getroffen, und beide deutlich durch einen kleinen Zwischenraum voneinander getrennt; dagegen besteht die linke Sprosse ausschließlich aus der weichen Gliahülle, deren weiche verschwommene Umrisse zu den scharfen Konturen der Gefäßwandung lebhaft kontrastieren.

Wenn man sich einmal in so einwandfreier Weise von dem Vorhandensein der Gliahülle überzeugt hat, dann ist es ein leichtes, die gliösen Belagzellen auch in andern Präparaten von Embryonen des 3. und 4. Monats wiederzufinden. Sie liegen allerdings in meinen übrigen Präparaten der Gefäßwand eng an, und es gelingt hier nicht so leicht und sicher, ihren lückenlosen Zusammenhang untereinander festzustellen. Man ist aber überrascht, zu sehen, wie lebhaft auch bei ihnen die Abstoßung von degenerierenden Zellen bis in die weitesten Verzweigungen der Arterie vor sich geht. Die Entdeckung der gliösen Bekleidung aller Verästelungen der Arteria hyaloidea durch MAWAS und MAGITOT bildet meines Erachtens eine der wichtigsten Etappen in der Erforschung des interessanten Problems der Glaskörpergenese, und es wird sich angesichts der Tatsache, daß das ganze Mesoderm in einer wichtigen Entwicklungsphase geradezu hermetisch von dem Glaskörpergewebe abgeschlossen ist, niemand der Ansicht verschließen, daß dem Mesoderm in jener Zeit jede Beteiligung an dem Aufbau des Glaskörpergewebes abzusprechen sei.

Der Nachweis der Gliahülle des Gefäßsystems der Arteria hyaloidea hat, wie anhangsweise bemerkt sei, auch noch ein teratologisches Interesse. Gibt es doch bekanntlich eine Anomalie, bei der die Gliahülle nicht nur persistiert, sondern einen derartigen Umfang annimmt, daß sie zusammen mit den Linsengefäßen klinisch als eine gelbe Masse hinter der Linse erscheint, die den Eindruck eines amaurotischen Katzenauges erweckt. Die formale Genese dieser Anomalie liegt also jetzt noch klarer auf der Hand, als es schon bis jetzt der Fall gewesen ist.

Die Rückbildung der Arteria hyaloidea und ihrer gliösen Hülle.

Im Vorausgehenden habe ich bereits erwähnt, daß die Rückbildung des Gliamantels der Arteria hyaloidea bereits im 4. und 5. Monat im vollen Gange sei. So erscheint der Gliamantel schon im 6. Monat stark verdünnt und aus zwei bis höchstens drei Zellagen zusammen-



Fig. 46. Sehnerveneintritt eines 34,5 cm langen Fötus.

gesetzt. Hingegen kann seine Länge bis zu dieser Zeit noch etwas zunehmen, wenigstens habe ich die größte Länge (1,2 mm) bei einem 34,5 cm langen Fötus gefunden (Fig. 46). Die Rückbildung des Gliamantels eilt auch im weiteren Verlaufe der der Arterie etwas voraus (s. Fig. 47). Sie erfolgt bis auf ein schmales zartes Häutchen, das als gliöse Ausklei-

dung der Oberfläche der Papille dauernd bestehen bleibt. Die Gliahülle der Arterie und ihrer Verzweigungen verschwindet gleichzeitig mit den Gefäßen.

Wann die Rückbildung der ersten Äste der Arteria hyaloidea selbst einsetzt, ist deswegen schwer zu sagen, weil mit der Größenzunahme des Auges eine Abnahme der Arterie durch eine Verteilung ihrer Äste auf einen größeren Raum vorgetäuscht werden kann. Ich möchte mich deshalb in dieser Hinsicht eines bestimmten Urteils enthalten, habe aber den Eindruck, daß schon gegen das Ende des 3. Monats eine Rückbildung von Ästen erfolgt. Wenigstens erscheint die Peripherie des hinteren Glaskörperraumes schon in dieser Zeit frei von Gefäßen,



Fig. 47. Sehnerveneintritt eines 40 cm langen Fötus.

während die vorderen peripheren Abschnitte des Glaskörpers noch verhältnismäßig lange von Gefäßen durchzogen sind. Ich habe hier sogar noch am Ende des 4. Monats Gefäße angetroffen; manchmal verschwinden sie wohl auch früher.

Je mehr die peripheren Verzweigungen der Arteria hyaloidea verschwinden, um so deutlicher hebt sich ihr axialer in den zentralen Glaskörper eingebetteter Teil von seiner Umgebung ab.

Schon im 4. Monat ist ein kräftiger Hauptstamm zu unterscheiden, der sich in gut orientierten Schnitten manchmal bis zur hinteren Linsenfläche verfolgen läßt. Die Verlaufsrichtung des Hauptstammes weicht mit dem zunehmenden Alter des Fötus etwas nach der

medialen Seite ab. Infolgedessen befindet sich eine Anheftungsstelle an der Linse stets ein wenig medial vom hinteren Linsenpol. Die Verzweigungen des Hauptstammes weichen schräg nach allen Seiten auseinander und bilden so einen Gefäßtrichter, dessen Basis der Linsenhinterfläche und dessen Spitze dem Hauptstamm der Arterie entspricht. Der vitreale Abschnitt der Arteria hyaloidea erscheint noch im 4. Monat als die direkte Fortsetzung des den Sehnerven durchziehenden Hauptstammes und weist das gleiche Kaliber auf wie dieser. Eine Unterscheidung in eine Arteria hyaloidea und eine Arteria centralis retinae ist erst dann durchzuführen, wenn die retinalen Verzweigungen der Arterie stärker werden und das Größen-

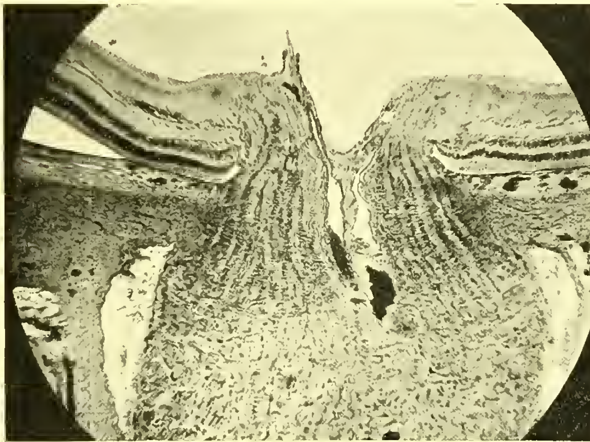


Fig. 48. Sehnerveneintritt eines Fötus des 9. Monats.

verhältnis der Zentralarterie und der Arteria hyaloidea sich ausgesprochen zu ungunsten der letzteren verschoben hat. Dies ist bereits im 6. Monat der Fall und aus den Textfiguren 46 und 47 ohne weiteres zu ersehen.

Der Zeitpunkt der endgültigen Rückbildung der Arteria hyaloidea scheint größeren Schwankungen unterworfen zu sein. So hat CALDERARO (1909) die Arterie schon bei 21 cm langen Föten nicht mehr in ihrem ganzen Verlaufe durchgängig und im 6. Monat bereits ganz obliteriert gefunden, und auch MAWAS und MAGITOT haben angegeben, daß die Arterie im 6. Monat (Fötus von 250 mm Länge) bis auf einen dünnen zum Teil obliterierten Strang zurückgebildet und ihres Neurogliamantels vollständig verlustig gegangen sei. Im Gegensatz dazu habe ich bei so vielen Föten vom Anfang des 8. Monats (40—42 mm Länge) sowohl den Hauptstamm der Arterie als mehrere Seitenäste regelmäßig in ihrer ganzen Länge noch offen und voll Blut gefunden, daß dabei ein Spiel des Zufalls ausgeschlossen werden kann. Allerdings habe ich bei gleichalterigen Föten auch einen fast vollständigen Schwund der

Arterie beobachtet. Bei einem 45 cm langen Fötus war die Arterie bis auf einen kurzen noch offenen Stummel obliteriert (Fig. 48), dagegen bei einem etwas jüngeren bereits in einen

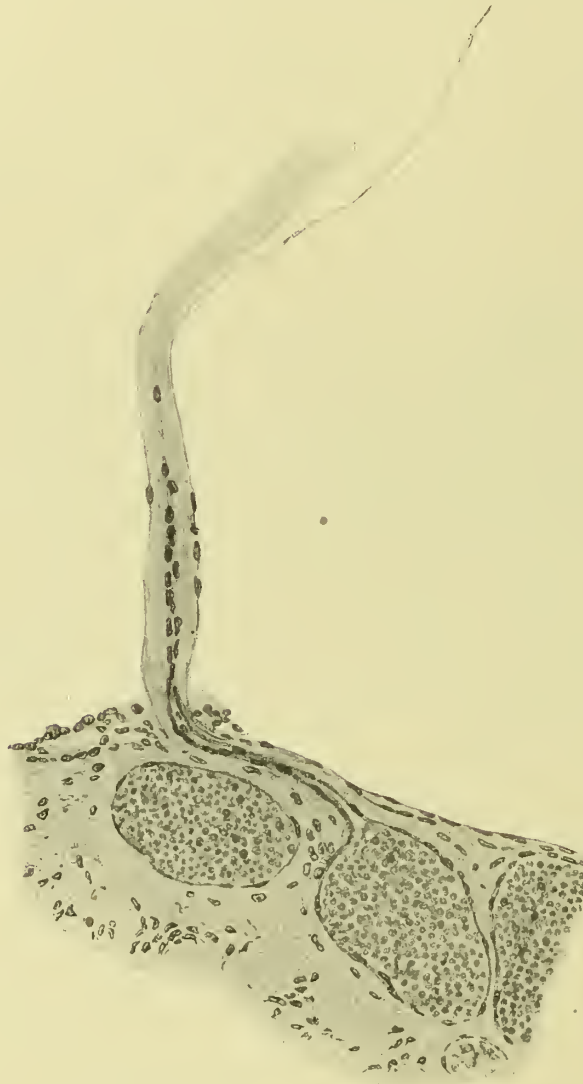


Fig. 49. Arteria hyaloidea bei einem Fötus des 8. Monats.

homogenen, in vollständiger Auflösung begriffenen dünnen Strang verwandelt, der nur noch in seinem Zentrum und an seiner Außenfläche einzelne Kerne enthielt (Fig. 49).

Endlich sei hier die zuerst von BACH (1901) festgestellte, dann von mir (1908) bestätigte Tatsache erwähnt, daß sich die Gefäße der Membrana capsularis und Membrana

capsulo-pupillaris etwas früher zurückbilden als die Gefäße der Pupillarmembran, so daß die letztere teilweise unabhängig für sich allein bestehen kann. Sie vermag dies bekanntlich deswegen, weil sie nicht bloß venöse Gefäße besitzt, sondern von der Iris auch arterielle Zuflüsse erhält (O. SCHULZE, 1892, WICHERKIEWICZ, 1888).

II. Die Aderhaut.

Von R. SEEFELDER.

A. Das Gefäßsystem der Aderhaut.

Als die erste Anlage des Gefäßsystems der Aderhaut kann man mit HUGO FUCHS (1905) u. a. das primitive Gefäßnetz betrachten, das die Augenanlage schon im Stadium der primären Augenblase als ein lockeres Maschenwerk umgibt. Es handelt sich hierbei allerdings um keine Besonderheit der Augenanlage allein, sondern um einen Teil des Gefäßnetzes, das sich im Bereich sämtlicher Hirnteile in gleicher Weise findet und das besonders schön in der Fig. 2, Tafel XIII zu sehen ist. Das erwähnte Gefäßnetz ist nach meinen Beobachtungen schon bei einem 5 mm langen Embryo kräftig entwickelt (Tafel VII, Fig. 1 und 2), wo es in den meisten Schnitten fast einen kontinuierlichen Überzug der ganzen Augenanlage bildet. Auch bei den nächstälteren Stadien sind die Lücken zwischen den einzelnen Gefäßen recht eng. Man muß allerdings genau und mit stärkeren Vergrößerungen untersuchen, um alle Gefäßästchen herauszufinden.

Die primitive Choriocapillaris steht mit folgenden Gefäßen in direkter Verbindung:

1. Mit starken Gefäßstämmen, die sowohl dorsal als ventral von dem Augenbecher liegen.

2. Mit dem sog. Ringgefäß, das den Augenbecher in der Gegend des Augenbecherrandes umkreist und der Anlage des sog. circulus arteriosus iridis major entspricht (schön zu sehen auf Tafel XI, XIII, XIV u. a.).

3. Mit der Arteria ciliaris longa temporalis et nasalis, deren unmittelbaren Übergang in die Gefäße der Choriocapillaris ich wiederholt konstatieren konnte.

4. Mit der Arteria hyaloidea. Es handelt sich dabei zunächst um die zuerst von mir bei jungen Embryonen beschriebene schwache Verbindung im Bereiche der Becherspalte, die

sich bald zurückbildet. Ferner kommt bei gleichalterigen Embryonen (8—12 mm Länge) eine indirekte Verbindung dadurch zustande, daß sowohl die Choriocapillaris als die Arteria hyaloidea mit dem Ringgefäß zusammenhängen. Diese Verbindung wandelt sich bei etwas älteren Embryonen (19 mm) dadurch in eine direkte um, daß neugebildete Äste der Arteria hyaloidea in der Gegend des Augenbecherrandes direkt in die Choriocapillaris einmünden.

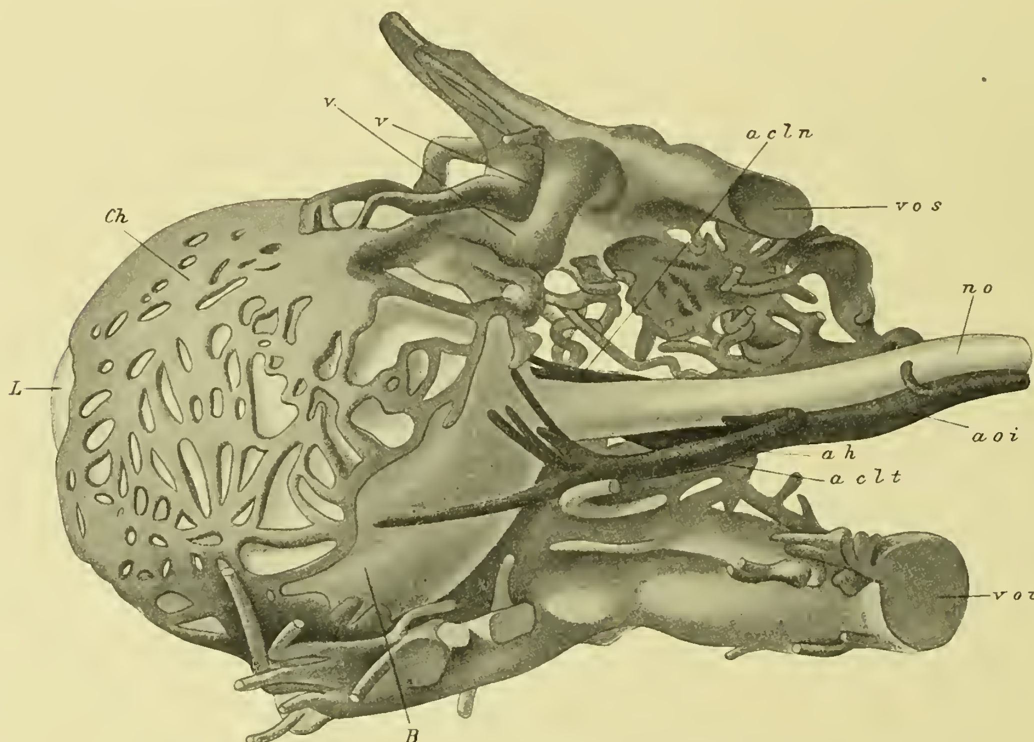


Fig. 50. Linkes Auge eines Embryos *Ma*₂ Hochstetter) von 19 mm Länge, von der temp. Seite gesehen. Vergr. 66 fach. Aus DEDEKIND, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte pp. 1908.

L Linse. *Ch* Anlage der Chorioidea. *v v* Venae vorticosae. *a c l n* A. ciliaris longa nasalis. *v o s* V. ophthalmica superior. *n o* Nervus opticus. *a o i* A. ophthalmica interna. *a h* A. hyaloidea. *a c l t* A. ciliaris longa temporalis. *v o i* V. ophthalmica inferior. *B* Bulbus.

Die anfangs einfache Gefäßschicht der Aderhaut erfährt, wie VERSARI (1903) und DEDEKIND (1908) übereinstimmend angegeben haben, zuerst im hinteren Augenabschnitt eine Verdoppelung (Fig. 50). DEDEKIND hat dort eine zweite Gefäßschicht schon bei einem 19 mm langen Embryo gefunden und festgestellt, „daß sich das venöse Blut in vier kleinen Venenstämmen, den Venae vorticosae sammelt, von denen je ein Gefäß aus je einem der hinteren Oktanten das Blut cerebralwärts fortführt.“ Auch die Einmündung der beiden oberen in die obere Augenvene und der beiden unteren in die untere Augenvene ließ sich bereits mit Sicherheit

feststellen. Diese ganzen Gefäßverhältnisse sind in der obenstehenden aus DEDEKINDS Arbeit entnommenen Zeichnung in sehr übersichtlicher Weise dargestellt.

VERSARI hat zuerst im 3. Monat nach außen von der primitiven Choriocapillaris eine aus Arterien und Venen bestehende Gefäßzone beobachtet, während vorne noch ein einfaches Gefäßlager vorhanden war. Das mittlere Gefäßstratum entwickelt sich nach ihm später und geht aus den kurzen Ciliararterien hervor.

Kurze Ciliararterien sind nach meinen Beobachtungen schon im 3. Monat in ziemlich großer Anzahl vorhanden. Überhaupt kann ich bestätigen, daß die Entwicklung des Gefäßsystems der Aderhaut schon frühzeitig weit vorgeschritten ist, jedoch wird der definitive Zustand doch erst gegen das Ende des fötalen Lebens erreicht. So weist die Aderhaut zwar schon im 5. und 6. Monat alle Schichten auf, ist aber noch wesentlich gefäßärmer und kernreicher als im ausgewachsenen Auge. Insbesondere sind die Gefäße in der sog. Schicht der größeren Gefäße nicht nur geringer an Zahl, sondern auch noch im ganzen schwächer entwickelt als beim Neugeborenen.

B. Die Abgrenzung der Aderhaut vom Pigmentepithel.

(Entwicklung der Basalmembran.)

Die Gefäße der Chorioicapillaris liegen dem Pigmentepithel von Anfang innig an. — Die Gefäßzwischenräume werden zunächst von Mesodermzellen ausgefüllt, die ebenfalls bis an das Pigmentepithel heranreichen und mit ihm in ganz jungen Stadien protoplasmatische Verbindungen eingehen (Tafel L, Fig. 1). Eine scharfe Abgrenzung des Pigmentepithels und der Aderhaut habe ich bereits bei einem 6,5 mm langen Embryo gefunden (Tafel L, Fig. 2 bis 5). Im Pigmentepithel fanden sich die ersten Spuren von Pigment. Die äußere Kontur des Pigmentepithels war jedoch hier und auch bei den nächsten Stadien nicht schärfer als beispielsweise die der Limitans interna retinae. Eine wirkliche glasige homogene Basalmembran habe ich erst bei einem 14,5 mm langen Embryo gefunden.

WOLFRUM hat zuerst darauf hingewiesen, daß im Verlaufe der Entwicklung sämtliche Mesodermzellen, darunter auch die Endothelzellen der Choriocapillaris, allmählich von dem Pigmentepithel abrücken, sodaß schließlich nur das nackte Endothelrohr an das Pigmentepithel bezw. die später entwickelte Lamina elastica grenze. Ich kann diese Angabe WOLFRUMS nur bestätigen, und brauche nur auf die Abbildungen junger embryonaler Stadien sowie die Figuren auf Tafel XXXVI hinzuweisen, aus denen sich die allmähliche Entblößung der

äußeren Seite des Pigmentepithels von Mesodermzellen ohne weiteres ergibt. Wie WOLFRUM richtig betont, dauert es allerdings lange, bis dieser Prozeß gänzlich durchgeführt ist; aber schon bei Föten des 3. Monats nimmt die Zahl der an die Lamina elastica grenzenden Mesodermzellen beträchtlich ab.

C. Die Lamina elastica und das übrige elastische Gewebe der Aderhaut.

Bezüglich des Studiums der Entwicklung des elastischen Gewebes der Aderhaut gilt das gleiche, was ich bereits bei der Besprechung der Entwicklung des elastischen Gewebes der Sklera gesagt habe. Es genügt nicht nur nicht, über die entsprechenden Stadien zu verfügen, in denen das elastische Gewebe zu werden beginnt, sondern es muß auch ein Embryo darunter sein, in dem es sich elektiv darstellen läßt. Das ist aber, wie gesagt, nicht bei jedem der Fall und so finden die gerade bei der Entwicklung des elastischen Gewebes einander so widersprechenden Angaben eine ausreichende Erklärung. So läßt LODATO (1904) die Lamina elastica am Ende des 3. Monats und WOLFRUM (1908) im 5. Monat entstehen, während FRITZ (1906) überhaupt bezweifelt, daß das elastische Gewebe in so früher Zeit nachweisbar sei. LODATO findet bei Embryonen, die den dritten fötalen Monat vollendet haben, in den tiefen Schichten der Aderhaut elastische, wellig verlaufende Fibrillen und in der Nähe des Pigmentepithels große elastische Granula. Bei Föten des 4. Monats findet er hier keine Granula mehr, sondern bereits eine zarte, elektiv nach WEIGERT gefärbte elastische Membran, die am Ende des 4. Monats noch an Dicke zugenommen habe. Nach WOLFRUM sind am Ende des 4. und Anfang des 5. Monats in dem noch nicht scharf zu scheidenden Gewebe von Sklera und Aderhaut die ersten elastischen Fasern wahrzunehmen und zwar finde man ihr Auftreten zuerst gegen den Optikus und gegen das Corpus ciliare. Streckenweise sei die Lamina elastica als äußerst feine dunkelblaue Kontur bereits deutlich zu erkennen, während im Stroma der Aderhaut noch ganz spärliche Elemente anzutreffen seien.

Ich selbst habe die Lamina elastica zuerst bei einem 80 mm langen Fötus nachweisen können und zwar fand ich sie bei ihm in der Nähe des Sehnerven wesentlich stärker entwickelt, als an irgend einer andern Stelle des Auges. Zum Nachweise des elastischen Gewebes habe ich mich ausschließlich der WEIGERTschen Färbung bedient, und manchmal mit Orange G gegengefärbt. Gewissermaßen zur Gegenprobe habe ich bei dem obengenannten Stadium eine Schnittserie auch nach MALLORY gefarbt, um auch das kollagene Gewebe auf das deutlichste zur Anschauung zu bringen.

Die Lamina elastica ist bei dem genannten Embryo in der Nähe des Sehnerveneintritts bereits so stark entwickelt, daß sie sich schon bei schwächerer Vergrößerung deutlich als blauschwarze Linie von ihrer Umgebung abhebt. Ja der membranige Charakter der Lamina ist bei schwächerer Vergrößerung sogar ausgesprochener als bei Anwendung der stärksten Systeme, da hierbei die Zwischenräume zwischen den einzelnen Fasern der Lamina verwischt erscheinen. Bei 1000facher Vergrößerung löst sich nämlich die Membran, wie die Fig. 1, Tafel XXXVI zeigt, großenteils in zahlreiche feine Punkte auf, die Querschnitten von elastischen Fasern entsprechen.

Die elastischen Fasern erscheinen bei bloßer Anwendung der WEIGERTschen Farblösung mit einem graublau gefärbten Gewebe vermengt, das ich schon auf Grund dieser Tatsache allein als ein kollagenes Gewebe angesehen habe, und das sich auch bei der Anwendung der MALLORYfärbung als solches erwiesen hat. So zeigt die Fig. 3 auf Tafel XXXVI, daß sich unmittelbar unter dem Pigmentepithel eine dünne Schicht kollagenen Gewebes befindet. Es bestätigt sich somit schon zu Anfang der Entwicklung die von WOLFRUM im ausgewachsenen Auge gemachte Beobachtung, daß die Lamina elastica aus elastischen und kollagenen Gewebsbestandteilen zusammengesetzt ist.

Im Gegensatz zu LODATO habe ich die Lamina elastica bei diesem Embryo im vorderen Augenabschnitt viel weniger ausgeprägt vorgefunden als im hinteren. Ich habe dort allerdings auch da und dort in der Nähe des Pigmentepithels ganz ähnliche freie Granula gesehen, wie sie von LODATO auf Tafel II, Fig. 10 seiner schönen Arbeit abgebildet worden sind. Aber meine Granula zeigen ein etwas anderes Verhalten als die Querschnitte von elastischen Fasern. Sie sind nicht so intensiv blauschwarz, sondern mehr violett gefärbt, etwas dicker, stärker lichtbrechend und nicht so streng in Reih und Glied angeordnet als diese. Dagegen zeigen sie mit den von LODATO gezeichneten Granulis eine weitgehende Übereinstimmung. Da ich aber ihren Übergang in elastische Fasern nicht mit Sicherheit beobachten konnte, bin ich die Befürchtung nicht los geworden, daß es sich bei meinen Granulis um Kunstprodukte handeln könnte.

Bezüglich der Herkunft der Lamina elastica kann es nicht zweifelhaft sein, daß sie aus den dem Pigmentepithel unmittelbar anliegenden Mesodermzellen hervorgeht. So sind auch die von HUGO FUCHS geäußerten Bedenken, daß die Elemente des Mesenchyms zur Zeit der Entwicklung der Lamina schon in ziemlicher Entfernung von ihr liegen, durch den Nachweis der frühen Entstehung der Lamina hinfällig geworden.

Die Endigungsweise der Lamina elastica am Sehnerven ist ebenfalls aus der Figur 1, Tafel XXXVI zu ersehen. Die Lamina reicht ein wenig über das Pigmentepithel hinaus und bis an den Sehnerven heran, ohne jedoch in den Nerven selbst überzugehen.

Bei Föten des 6. Monats hat die Lamina bereits eine Entwicklungsstufe erreicht, die der des ausgewachsenen Organs kaum nachsteht. Wir sehen sie in Figur 2, Tafel XXXVI als eine kräftige kontinuierliche Membran, in der hellere und dunklere Stellen abwechseln, und die geringe Schwankungen in ihrer Dicke aufweist. Die fibrilläre Zusammensetzung der Membran war bei diesem Fötus weniger deutlich ausgesprochen, als in manchen gleichalterigen und älteren Stadien. In der Figur ist auch zu sehen, daß in den Kapillarzwischenräumen zahlreiche kollagene Gewebsfibrillen in leicht geschwungenem Bogen an die Membran heran treten und mit ihr zusammenfließen. Die von WOLFRUM beschriebenen elastischen Verbindungen der Lamina elastica mit der subkapillaren Fibrillenschicht sind in diesem Stadium entweder noch nicht genügend ausgebildet oder nicht färberisch zum Ausdruck gekommen. Dagegen haben in den tieferen Schichten der Aderhaut zahlreiche fast durchgehends quergetroffene Fibrillen die elastische Färbung angenommen.

Bei Föten des 8. und 9. Monats habe ich des öfteren elastische Verbindungen der Lamina elastica mit den angrenzenden Schichten der Aderhaut nachweisen können, und zwar handelt es sich dabei nicht selten um Verbindungen zwischen der Lamina und den Gefäßen der mittleren Gefäßschicht, deren Wandung jetzt außerordentlich reich an elastischen Fasern ist, ja fast ausschließlich daraus zu bestehen scheint.

Im großen ganzen ist die Lamina jedoch von ihrer Umgebung zumeist scharf abgesetzt und nur in ihrem vorderen Abschnitt in der bekannten von WOLFRUM eingehend beschriebenen Weise in zahlreiche Lamellen aufgesplittert. In diesem Entwicklungsstadium finde ich auch das elastische Gewebe der Suprachorioidea kräftig entwickelt. Die Fasern sind in Horizontalschnitten hauptsächlich der Länge nach getroffen und bilden an der Grenze der Sklera und Aderhaut geradezu eine besondere Gewebsschicht, die sowohl nach außen als auch nach innen deutlich abgesetzt ist.

Von WOLFRUM ist ferner der Nachweis erbracht worden, daß sich zwischen der Basalmembran des Pigmentepithels und der Lamina elastica ein feiner Spalt befindet, der von kollagenen Fibrillen durchzogen ist, die eine Verbindung zwischen der Basalmembran und der Lamina elastica bewirken. Ich habe bei dem in Figur 2, Tafel XXXVI abgebildeten Embryo sowohl den Spalt als auch innerhalb des Spaltes kollagene Fibrillen finden können. Nur zeigten die letzteren einen mehr zum Pigmentepithel parallelen Verlauf, während sie in WOLFRUMS Figur nahezu senkrecht dazu verlaufen. Bei meinen älteren Föten ist mir dagegen der Nachweis des Spaltes und des kollagenen Gewebes nicht immer gelungen.

D. Das kollagene Gewebe der Aderhaut.

Die Entwicklung des kollagenen Gewebes der Aderhaut fällt zeitlich mit der der Sklera zusammen, doch kann von einem spezifischen Aderhautgewebe erst von dem Zeitpunkt an gesprochen werden, in dem die Sklera bereits eine gewisse Festigkeit erlangt hat und sich von dem lockeren Gewebe der Aderhaut mehr oder weniger deutlich abhebt.

Einige Bemerkungen über die Entwicklung des kollagenen Gewebes sind bereits in dem Vorausgehenden enthalten. So sind die Beziehungen der Lamina elastica zu der subkapillaren Fibrillenschicht bereits erörtert worden.

Die Angaben über den Zeitpunkt der Abgrenzung der Aderhaut und Sklera gehen ziemlich stark auseinander. Doch scheint mir die Verschiedenartigkeit des Materials, der Konservierung und Einbettungstechnik auch dafür eine ausreichende Erklärung zu bieten. So gelingt die Abgrenzung um so leichter, je stärker sich die Aderhaut durch eine gewisse Schrumpfung aufgelockert hat. Dies ist namentlich bei Föten des 4. und 5. Monats auch bei vorsichtigster Celloidineinbettung leider sehr häufig der Fall. Ich finde jedoch, daß die Abgrenzung selbst in schrumpfungsfreien Präparaten bereits bei Föten des 3. Monats von etwa 80 bis 90 mm Länge ziemlich gut gelingt, da die Sklera in diesem Stadium schon eine gewisse Festigkeit erlangt hat. Die bindegewebige Grundlage der Aderhaut zeigt in solchen Präparaten bereits einen ausgesprochenen lamellären Bau. Die Fibrillen verlaufen zumeist parallel zur Lamina elastica, weisen aber sowohl unter sich als mit der Sklera zahlreiche Schräganastomosen auf, zu denen noch die arkadenförmig verlaufenden Verbindungen der Lamina elastica mit der subkapillaren Fibrillenschicht hinzutreten. Es ist also bereits frühzeitig die bleibende Struktur der Substancia propria der Aderhaut entwickelt. Überhaupt scheint mir bei allen in dem Aufbau der Aderhaut eintretenden Veränderungen die bindegewebige Grundlage mehr eine passive Rolle zu spielen, während die aktive Rolle von den Gefäßen übernommen wird.

E. Die Pigmentzellen (Chromatophoren der Chorioidea).

Es ist bekannt, daß die Pigmentzellen der Aderhaut erst spät pigmentiert werden. RIEKE (1891) hat zuerst bei einem Fötus des 7. Monats pigmentierte Aderhautzellen gefunden, aber gleichzeitig angegeben, daß er bei verschiedenen älteren Föten kein Pigment nachweisen konnte. Auch v. SZILY findet das Aderhautpigment erst am Ende der Schwangerschaft entwickelt. Beide geben an, daß es zuerst in den äußeren Aderhautschichten auftritt.

Ich kann die Angaben der beiden Autoren auch bestätigen, habe aber sogar noch bei einem jüngeren Stadium als RIEKE, nämlich bereits bei einem Fötus des 5. Monats eine ziemlich reiche Entwicklung von Chromatophoren beobachtet, ein weiterer Beweis für die großen individuellen Verschiedenheiten in dem Zeitpunkt des ersten Auftretens des Aderhautpigments. Die Chromatophoren befinden sich bei diesem Fötus durchwegs in den äußeren Schichten der Aderhaut. Sie sind noch kleiner als wie im fertigen Zustande und zeigen nicht mehr als höchstens zwei pigmentierte Protoplasmafortsätze. Die bekannte sternförmige Verästelung der Zellen scheint sich also erst später zu entwickeln. Das Pigment besteht aus sehr feinen runden Körnchen, die gleichmäßig über den ganzen Protoplasmaleib verteilt sind. Ich kann also nicht finden, daß die Randpartien stärker pigmentiert sind, wie RIEKE angegeben hat. Auf Tafel XXXVI, Figur 4 habe ich einige Typen der bestentwickelten Chromatophoren abgebildet. Es sind aber auch noch kleinere mit kleinem runden Kern und schmalem Protoplasmaleib vorhanden. Da das Präparat schon vor Jahren nach MALLORY gefärbt und leider stark verblichen ist, sind nur diejenigen Protoplasmafortsätze zu sehen, die Pigment enthalten. Über die Herkunft des Pigments vermag ich keine sicheren Angaben zu machen, doch sei hier erwähnt, daß nach v. SZILY auch das Pigment der Chromatophoren vom Kern abstammt (vgl. S. 144).

III. Das Gefäßsystem des Sehnerven und der Netzhaut.

Von R. SEEFELDER.

Die Netzhaut und der Sehnerv sind während eines verhältnismäßig langen Abschnittes ihrer Entwicklung gefäßlos. Kann doch die Arteria hyaloidea anfangs streng genommen weder als ein Gefäß der Netzhaut noch des Sehnerven angesehen werden, da sie den Sehnerven zunächst nur als Eingangspforte in den Glaskörper benutzt, ohne an ihn Äste abzugeben. Ihre Hauptaufgabe besteht wohl auch in jener Zeit vorzugsweise, wenn nicht ausschließlich, in der Ernährung der Linse und des Glaskörpers.

Die Vaskularisation des Sehnerven beginnt zuerst in seinem hirnwärts befindlichen Abschnitte und zwar, wie es scheint, ziemlich gleichzeitig auf der ganzen Linie. So enthält z. B. der Sehnerv eines 65 mm langen Embryos nur ganz hinten einzelne Gefäße, während

bei einem 73 mm langen Fötus bereits der ganze Sehnerv bis zur Eintrittsstelle der Arteria hyaloidea von Gefäßen durchwachsen ist. Die Gefäße dringen von den Sehnervenscheiden in die Substanz des Sehnerven ein und zeigen von Anfang an die gleiche Anordnung wie im ausgewachsenen Organ. Mit ihrer Entwicklung fällt die des sog. mesodermalen Septengewebes zusammen.

Etwas komplizierter gestaltet sich die Gefäßentwicklung in dem peripheren Sehnervenabschnitte.

Sie hat vor 10 Jahren (1904) von VERSARI eine eingehende Beschreibung erfahren, die ich 5 Jahre später (1909) in allen Stücken bestätigen und in einigen Punkten ergänzen

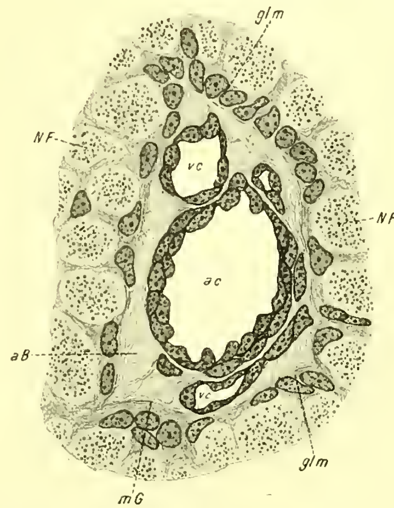


Fig. 51. Querschnitt durch die Sehnervenachse eines Fötus des 4. Mts. *ac* Arteria centralis. *vc* vena centralis. *glm* Zentraler Gliamantel. *NF* Nervenfasern. *aB* axiales Bindegewebe. *mG* mesodermale Grenzmembran.

konnte. Weitere Untersuchungen haben mir meine damaligen Beobachtungen immer wieder bestätigt. Ich beschränke mich hier darauf, das Wesentlichste von ihnen anzuführen.

Bei Föten des 3. Monats entwickelt sich entlang der Arteria hyaloidea ein Geflecht von zarten Gefäßchen, das anfangs nur an der Eintrittsstelle der Arterie in den Sehnervenstamm nachweisbar ist, aber allmählich bis an das okulare Sehnervenende vordringt. In diesem neugebildeten Gefäßsystem fallen schon frühzeitig zwei stärkere Gefäße auf, die zu beiden Seiten der Arterie und parallel zu ihr verlaufen, während die zahlreichen übrigen Gefäßchen nur kurze Verbindungsäste der beiden größeren bilden (Fig. 51). Letztere vereinigen sich innerhalb des Sehnerven in einer gewissen Entfernung vom okularen Sehnervenende zu einem gemeinsamen Stamm, der, wie die weitere Entwicklung dieses Gefäßsystems

lehrt, dem Stamme der Zentralvene der Netzhaut entspricht. Die Vereinigungsstelle der beiden Venenäste rückt im Laufe der Zeit allmählich weiter nach vorne, um schließlich in einer individuell verschieden großen Entfernung von dem okularen Sehnervenende Halt zu machen. Die anfangs sehr zahlreichen Verbindungszweige zwischen den beiden Hauptästchen bilden sich

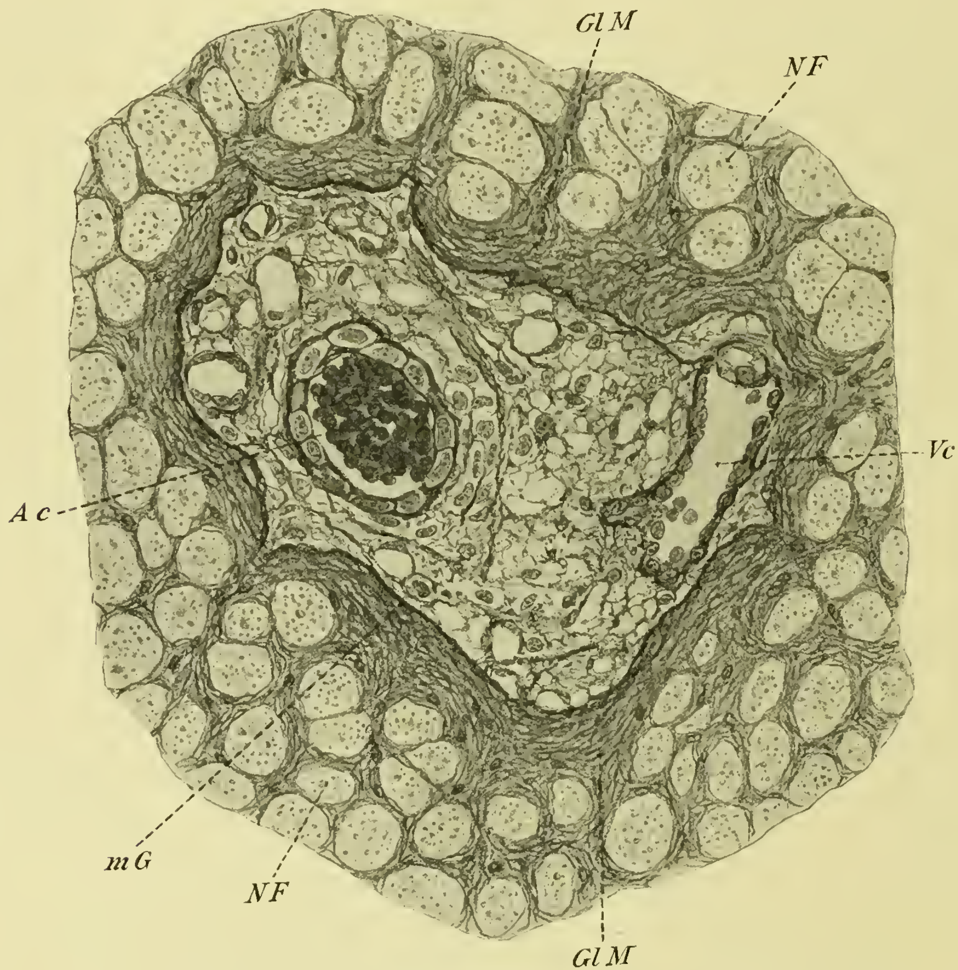


Fig. 52. Querschnitt durch die Sehnervenachse eines Fötus vom Ende des 5. Monats.
A c = Arteria centralis. *V c* = Vena centralis. *G l M* = Zentraler Gliamantel. *N F* = Nervenfasern.
m G = mesodermale Grenzmembran.

im Laufe der Zeit größtenteils zurück, dagegen sind bei älteren Föten in der Achse des Sehnerven zahlreiche mit dem Hauptstamm parallel verlaufende Gefäßchen nachzuweisen, die ebenfalls gegen das Ende des fötalen Lebens größtenteils verschwinden (Fig. 52). Im Bereiche des axialen Gefäßsystems entwickelt sich ferner das axiale Bindegewebe des Seh-

nerven, das jedoch lange Zeit sehr zart und locker bleibt und erst im letzten Viertel des fötalen Lebens ein festeres Gefüge erhält.

Die Ausbreitung des venösen Gefäßsystems bleibt nun nicht auf die Achse des Sehnerven beschränkt, sondern es erstrecken sich von ihm schon ganz frühzeitig Zweige in die Substanz des Sehnerven selbst hinein. Ungefähr gleichzeitig dringen auch von den Sehnervenscheiden Gefäße in den Sehnerven hinein, die mit denen des axialen Gefäßsystems zahlreiche Anastomosen eingehen. So wird auch der periphere Abschnitt des Sehnerven bis auf die Gegend der Lamina cribrosa schon frühzeitig von zahlreichen Gefäßen durchzogen.

Gegen das Ende des 3. Monats (Föten von 100—130 mm Länge) beginnt auch die Entwicklung von Ästen der Arteria hyaloidea in der Weise, daß von ihr zunächst im Bereiche des Gliamantels zwei anfangs solide Zellsprossen abgehen, die bald darauf kanalisiert und von Blut durchflossen werden. VERSARI hat festgestellt, daß der eine von ihnen nach oben, der andere nach unten verläuft, und sie für die erste Anlage der beiden Hauptzweige der Arteria centralis retinae erklärt. Bald darauf gelangen noch weitere Gefäßsprossen zur Ausbildung, die in anderen Richtungen verlaufen. Alle jungen Äste der Arterie haben das Gemeinsame, daß sie sich samt und sonders auf dem kürzesten Wege zur Nervenfaserschicht der Netzhaut begeben, also von Anfang an innerhalb der Netzhaut verlaufen. So vollzieht sich die Entwicklung des Gefäßsystems der Netzhaut beim Menschen in ganz anderer Weise als beim Säugetier, bei dem bekanntlich die Netzhautgefäße zuerst nach Art einer Membran (Membrana vasculosa retinae) auf der Oberfläche der Netzhaut verlaufen. Mit der Entwicklung des arteriellen Gefäßsystems der Netzhaut geht die des venösen Hand in Hand. Die Netzhautvenen gehen aus dem primitiven Venensystem hervor, das anfangs in der Achse des Sehnerven verläuft. Auch sie verlaufen von Anfang innerhalb der Retina.

Die Entwicklung der Netzhautgefäße ist noch bei Föten des 4. Monats auf einen kleinen Bezirk in der Umgebung des Sehnerven beschränkt, und es dauert lange, bis sie sich über die ganze Netzhaut erstreckt. So haben selbst bei einem Fötus vom Ende des 6. Monats ihre letzten Ausläufer noch nicht die Ora serrata erreicht. Auch das Vordringen der Gefäße aus der Nervenfaserschicht in die tieferen Netzhautlagen geht nur langsam vonstatten. Im allgemeinen kann die Gefäßversorgung der Netzhaut erst bei Föten des 8. Monats als einigermaßen abgeschlossen gelten.

Die Netzhaut.

Von R. SEEFELDER.

Die Entwicklung der Netzhaut ist von mir bereits vor vier Jahren (1910) zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht worden, deren Ergebnis ich in dem 73. Band des Archivs für Ophthalmologie bekannt gegeben habe. Schon hier sei bemerkt, daß ich meinen damaligen Mitteilungen trotz fortgesetzter Studien nur wenig Neues hinzuzufügen habe. Auch die von anderer Seite gemachten Mitteilungen, insbesondere die große, ungefähr gleichzeitig und unabhängig erschienene Arbeit von MAGITOT, enthalten fast Wort für Wort eine Bestätigung meiner damaligen Befunde. Ich kann mich deshalb heute im allgemeinen kurz fassen und diejenigen Leser, die sich für eine ausführlichere Darstellung interessieren, auf die beiden genannten Arbeiten verweisen.

Die Anlage der Netzhaut durchläuft während ihrer Entwicklung eine Reihe von Stadien, die im folgenden der Übersichtlichkeit halber getrennt besprochen werden sollen. Wir müssen uns jedoch von vornherein bewußt sein, daß sich die Differenzierungsvorgänge in der Netzhaut schon von allem Anfang an nicht gleichzeitig in ihrer ganzen Ausdehnung vollziehen, sondern daß stets ein bestimmter Bezirk den übrigen in der Entwicklung vorauseilt, von dem aus ein allmählicher Anstieg der Entwicklung nach allen Seiten erfolgt. Aus diesem Grunde gelangen auch noch bei etwas älteren Föten in ein und derselben Netzhaut gleichzeitig alle möglichen Entwicklungsphasen zur Beobachtung.

A. Das reine Epithelstadium der Netzhaut.

Das reine Epithelstadium der Netzhaut ist nur von kurzem Bestand. Ich finde es bei einem Embryo von 2,5 mm Länge (ROBERT MEYER) am schönsten ausgeprägt (Taf. XLV, Fig. 1). Das Augengrübchen hat sich bei diesem Stadium durch den Schluß der Medullarfurche soeben zum Augenbläschen umgebildet. Die ganze Hirnanlage einschließlich der Retina besteht aus einem anscheinend ganz undifferenzierten hohen zylindrischen Epithel, dessen Zellen durch die ganze Dicke der Wandung hindurchreichen, aber so eng aufeinander gepreßt sind, daß die Kerne in verschiedenen Ebenen liegen. Es handelt sich also um ein sog. mehrzeiliges Epithel. Die Augenblase ist noch durch eine ziemlich dicke Schicht zelligen Mesoderms vom Oberflächenektoderm getrennt. Von großem Interesse ist die Tatsache, daß die basalen Zellseiten nicht scharf vom Mesoderm abgesetzt sind, sondern mit ihrem Protoplasma

in das Mesoderm hineinragen und da und dort mit ihm zusammenhängen. Im Gegensatz dazu ist die Begrenzung der freien Zellfläche bereits ziemlich scharf und im ganzen membranig. Diese Membran würde vorläufig eigentlich den Namen einer Limitans interna verdienen; sie wird aber bekanntlich durch die bald einsetzende Einstülpung der Netzhaut zur Limitans externa retinae. Ihr liegen die Mitosen und jüngsten Netzhautzellen an. Diese Zone kann also, wie es auch bisher immer schon geschehen ist, als die Keimzone der Netzhaut bezeichnet werden.

B. Das Stadium der Randschleierentwicklung.

Unter Randschleier der embryonalen Netzhaut verstehen wir ein kernloses protoplasmatisches synzytiales Reticulum an der basalen Seite der Netzhautzellen. Es entwickelt sich beim Menschen früher als bei jedem andern Säugetier und es ist in seinen Grundzügen bereits im Stadium der primären Augenblase nachzuweisen. Ich beobachtete die erste Randschleierentwicklung bei einem 4 mm langen Embryo (GASSER-Marburg). (Taf. XLV, Fig. 2.). Die distale Wand des Augenbläschens ist bei diesem Stadium bereits nahe an die Oberfläche herangerückt und von dem Ektoderm nur noch durch einzelne Mesodermzellen getrennt. Die Abgrenzung der basalen Netzhautfläche ist schärfer geworden und durch eine protoplasmatische Membran, die spätere Limitans interna retinae, gebildet. Immerhin steht auch diese Membran durch ein zartes Fasernetz, das bekannte embryonale Stützgewebe v. SZILYS, sowohl mit dem Mesoderm als mit dem Ektoderm in Verbindung.

Die Netzhautanlage ist dicker geworden, und zwar einerseits durch eine Vermehrung ihrer Kerne, anderseits durch die Entwicklung des Randschleiers. Aus der Abbildung ergibt sich ohne weiteres, daß der Randschleier weiter nichts ist als das in besonderer Weise modifizierte Protoplasma der Netzhautzellen. Er stimmt in seinem Aufbau schon frühzeitig mit den sog. MÜLLERschen Stützfasern überein und ist, wie auch die weitere Entwicklung mit Sicherheit ergibt, als die Anlage der Stützsubstanz der Netzhaut (der Glia) aufzufassen.

Ein etwas weiter fortgeschrittenes Stadium der Randschleierbildung zeigt Fig. 3, Tafel XLV (E. HERTWIG, 4,9 mm Länge). Sowohl der Randschleier als die Kernzone sind dicker geworden. Die Augenanlage ist im Begriffe, sich zum Augenbecher umzubilden. Die Dicke des Randschleiers nimmt auch noch im Stadium des Augenbechers zu, verhält sich aber von einem gewissen Alter an ziemlich gleich. So zeigt uns schon eine rasche Durchmusterung der Abbildungen auf den Tafeln IV—XI (Embryo von 6—10 mm Länge), daß die Netzhaut eine Zeitlang ein recht gleichmäßiges Aussehen darbietet, das erst durch die Entwicklung der Ganglienzellenschicht eine Änderung erfährt.

Die Zellen des Randschleiers (sogen. ektodermale Glaskörperzellen).

Die Figuren auf Tafel IV bis XI zeigen, daß der Randschleier nie vollständig zellfrei ist, sondern zwischen seinen Maschen stets einige wenige Kerne beherbergt. Es handelt sich dabei bei den jüngsten Stadien um Zellen vom Aussehen der Netzhautzellen, die etwas weiter gegen die Limitans vorgeschoben sind und kein besonderes Interesse beanspruchen. Bei etwas älteren Stadien treffen wir dagegen Zellen von einem ganz fremdartigen Aussehen an (s. Fig. 53). Es sind Zellen mit sehr verschieden geformten (gelappten, nieren-, hantel- und bisquitförmigen) Kernen, deren Protoplasma mit kleineren und größeren Brocken vollgestopft ist, die lebhaft Licht reflektieren und sich stark mit Kernfarbstoffen imprägniert haben. Diese Zellen finden sich auch zwischen den Kernen der primitiven Kernzone. Sie finden sich



Fig. 53. Ektodermale Glaskörperzellen.



Fig. 54. Stück der Linsenanlage. Embryo von 8 mm Länge. *l* = Linse. *c v* = Glaskörper.

auch innerhalb des Glaskörpers, hier allerdings gewöhnlich in etwas veränderter Gestalt, nämlich ohne die kugeligen Einschlüsse und mit langen Protoplasmaausläufern ausgestattet, wobei auch die Kerne vielfach wie gestreckt aussehen. Zuweilen kann man auch beobachten, daß die eine Hälfte einer Zelle noch innerhalb des Randschleiers steckt, während die andere bereits frei in den Glaskörper hineinragt. Da ich den Eindruck gewonnen hatte, daß alle diese Zellen in den Glaskörper auswandern, der in der Tat in gewissen Stadien, z. B. bei meinem 6,5 mm langen Embryo, sehr reich an solchen Zellen ist, habe ich sie seinerzeit als ektodermale Glaskörperzellen bezeichnet. Ich habe mich nicht näher darüber ausgesprochen, welche Aufgabe sie dort zu erfüllen haben, habe aber angedeutet, daß sie vielleicht zum Aufbau des Glaskörpers verwendet werden können. MAGITOT und MAWAS, die meine Befunde

vollauf bestätigt haben, haben dagegen die bestimmte Ansicht ausgesprochen, daß die fraglichen Zellen durch ihren Zerfall die primitive Glaskörperflüssigkeit liefern, also eine wichtige Aufgabe zu erfüllen hätten. Sie setzen die Glaskörperzellen in Analogie zu den sogenannten holokrinen Drüsenzellen. Sie identifizieren sie ferner mit den später in großer Menge auftretenden mobilen Zellen des Gliamantels der Arteria hyaloidea, über die ich mich bereits auf Seite 90 ausführlich geäußert habe. Es liegt auf der Hand, daß der Name »ektodermale Glaskörperzellen« bei dieser Auffassung noch besser begründet wäre, als auf Grund der bloßen Tatsache, daß die Zellen in den Glaskörper auswandern. Infolgedessen tragen auch die beiden Autoren kein Bedenken, den von mir gebrauchten Namen anzunehmen. Hingegen glaubt v. SZILY (1912), sich meinen Ausführungen nicht anschließen zu können, weil solche degenerierende Zellen auch an anderen Stellen des Zentralnervensystems vorkommen, weil eben solche Zellen auch anstatt in den Glaskörperraum manchmal in den Raum zwischen Retina und Pigmentepithel geraten können, und weil es sich weder um einen konstanten Befund noch auch um Zellen handele, welche mit dem Glaskörper andere als vorübergehende Beziehungen teilen. Was nun den letzteren Punkt anbetrifft, so ersehen wir aus den zitierten Ausführungen von MAWAS und MAGITOT, daß man bezüglich der Bedeutung der fraglichen Zellen auch einer, wie mir scheint, gut begründeten andern Ansicht sein kann. Auf den andern Einwand, daß es sich um keinen konstanten Befund handele, läßt sich erwidern, daß die Zellen in einem gewissen Entwicklungsstadium sehr wohl eine konstante Erscheinung darstellen, die, wie so manche andere, dann verschwindet, wenn entweder ihre Rolle ausgespielt ist oder, wie in unserem Falle, von anderen verwandten Zellen übernommen wird. Daß eben solche Zellen auch ausnahmsweise einmal in den subretinalen Raum geraten können, ist mir ebenso gut bekannt, wie die v. SZILY nicht erwähnte in der Figur 54 nebenan illustrierte Tatsache, daß ausnahmsweise auch einmal eine Linsenzelle anstatt in den Linsenraum in den Glaskörper ausgestoßen werden kann. Alle diese Ausnahmen bestätigen jedoch nur die Regel, daß in einem gewissen Entwicklungsstadium der größte Teil der freien Glaskörperzellen von den oben beschriebenen aus der Retina ausgewanderten Zellen gebildet wird. Die besprochenen Zellen sind nach meinen Beobachtungen am zahlreichsten bei Embryonen von 6,5 bis 7,5 mm Länge; von da an nimmt ihre Zahl allmählich ab und ich kann MAGITOT darin beistimmen, daß sie dann zu verschwinden beginnen, wenn sich die Nervenfaserschicht entwickelt.

Die Entwicklung der Ganglienzellen- und der Nervenfaserschicht.

Die Anlage der Ganglienzellenschicht der Netzhaut gibt sich dadurch kund, daß innerhalb des Randschleiers der primitiven Netzhaut eine Schicht von Kernen auftritt, die sich von der primitiven Kernzone von Anfang an deutlich abhebt.

Der Zeitpunkt, in dem dies beim Menschen geschieht, ist nach den bisherigen Erfahrungen ziemlich umschrieben. So habe ich bei Embryonen bis zu 9,2 mm Länge keine Andeutung einer zweiten Kernzone gefunden, dagegen bei einem 10 mm langen Embryo ROBERT MEYERS die ersten Anzeichen ihrer Entwicklung nachweisen können. Und bei einem 11,3 mm langen E. RABLS war bereits an einer bestimmten ziemlich scharf umschriebenen Stelle der Netzhaut eine wohlausgebildete neue Kernschicht zu konstatieren, die bei einem 12,7 mm, 13 u. 14,5 mm langen Embryo meiner eigenen Sammlung noch etwas stärker entwickelt ist als bei den genannten Stadien. Man ersieht daraus, daß das erste Auftreten der Ganglienzellenschicht an ein ganz bestimmtes Alter des Embryos gebunden ist. Kleinere individuelle Verschiedenheiten kommen wohl auch hierin vor.

Als den Ort des ersten Auftretens der Ganglienzellenschicht habe ich seinerzeit den temporalen hinteren Augenpol angegeben. Diese Angabe hat sich auch bei meinen neuen Beobachtungen an den obengenannten 3 Embryonen als zutreffend erwiesen, jedoch erfolgt bei ihnen die Ausbreitung der jungen Ganglienzellenschicht nicht wie ursprünglich angegeben nach der unteren (ventralen) sondern nach der oberen (dorsalen) Netzhauthälfte, was auch aus der Figur 44, S. 86 leicht zu ersehen ist. Es handelt sich dabei um einen Sagittalschnitt durch die Augenanlage eines 12,7 mm langen Embryos in der Gegend des hinteren Linsenpols. Wir sehen in der Figur die ventronasal gelegene Augenspalte und schräg gegenüber dorsolateral den oberen Ausläufer der Ganglienzellenschicht, die sich von da bis an den horizontalen Meridian herunter erstreckt. Es ist kein Zufall, daß gerade die temporale Hälfte den Sitz der ersten höheren Differenzierungsvorgänge bildet. Beherbergt sie doch bekanntlich auch später den höchstdifferenzierten Teil der Retina, die Area und Fovea centralis, und so bestätigt sich schon in so früher Zeit der bekannte Satz RABLS (1904), daß die Funktion die Entwicklung beherrscht.

Die Form der jungen Ganglienzellen habe ich nicht immer ganz gleich gefunden, insofern die Kerne bei dem 11,3 mm langen Embryo RABLS ausgesprochen oval, bei meinen übrigen Embryonen dagegen mehr rundlich sind. Doch kann es sein, daß es sich bei den ovalen Kernen um rasch vorübergehende Übergangsformen handelt, während die bleibende Form des Kerns der Ganglienzellen jedenfalls rund ist. So kann man auch in der Figur 2 auf der Tafel XLVI unter den jungen Ganglienzellen verschiedene Formen be-

obachten, und bei meinem 12,7 mm langen, ausgezeichnet konservierten Embryo befinden sich sogar gelappte und nierenförmige Kerne darunter. Bei den Jugendformen der Ganglienzellen ist es mir auch bei Anwendung guter Protoplasmafärbungen nicht gelungen, einen Protoplasmaleib nachzuweisen. Noch weniger habe ich einen Zusammenhang der jungen Ganglienzellen mit der Limitans externa retinae nachweisen können. Ein solcher Nachweis würde sich schon deswegen von selbst verbieten, weil bei jungen Stadien eine so dichte Aufeinanderpressung der Kerne der äußeren Kernzone stattfindet, daß man einen Zusammenhang selbst dann nicht durch die ganze Dicke der Netzhaut verfolgen könnte, wenn er vorhanden wäre. Es läßt sich also nicht entscheiden, ob das FÜRSTsche Schema, zufolge dem beim Lachs sämtliche jungen Netzhautzellen mit den beiden Grenzmembranen zusammenhängen, auch für den Menschen zutrifft. Hingegen läßt sich die Angabe FÜRSTs, daß die Ganglienzellen bei der Lösung des Zusammenhanges mit der Limitans externa ihre Diplosomen und damit die Fähigkeit ihrer mitotischen Teilung verlieren, leicht widerlegen, denn es sind einerseits innerhalb der Ganglienzellenschicht bis in den 3. Monat hinein fast in jedem Schnitt frische und zuweilen zahlreiche Kernteilungsfiguren, andererseits innerhalb der Ganglienzellen selbst von einem gewissen Alter der Zelle an Diplosomen nachweisbar. Daraus allein geht hervor, was auch schon DRUAULT und MAGITOT betonten, daß das FÜRSTsche Schema der Netzhautentwicklung beim Lachs nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragbar ist.

Unmittelbar nach dem Auftreten der ersten Anlage der Ganglienzellenschicht scheinen noch keine Nervenfasern vorhanden zu sein. So habe ich selbst bei meinem 13 mm langen Embryo noch keine Spur davon nachweisen können. Dagegen sieht man bei meinem 14,7 mm langen Embryo schon bei schwacher Vergrößerung (Tafel XLII, Fig. 3), daß aus der Ganglienzellenschicht, und nur aus ihm, ein schmales Bündel von Nervenfasern entspringt, das sofort nach seinem Ursprung in eine zur Oberfläche der Netzhaut parallele Richtung umbiegt und innerhalb des Randschleiers zu dem noch hohlen Augenblasenstiel verläuft. Die Ganglienzellen bedürfen demnach nach ihrer Loslösung aus dem allgemeinen Zellverbande noch einiger Zeit, bis ihre Reife so weit vorgeschritten ist, daß der Neurit sichtbar wird.

In der nächst anschließenden Zeit findet eine massenhafte Produktion von Ganglienzellen statt, die sich von dem Anfangspunkte aus rasch über die ganze Netzhaut erstreckt und nicht eher ruht, bis der ganze Randschleier mit Ausnahme einer schmalen den Nervenfasern reservierten Schicht mit Ganglienzellen vollgestopft ist. So sehen wir schon bei einem 19 mm langen Embryo (Tafel XLIII, Fig. 1) zu beiden Seiten des Sehnerven Ganglienzellen entwickelt, hier allerdings immer noch einen deutlichen Unterschied zugunsten der temporalen (in der Figur rechten) Seite. Dieser Unterschied ist bei einem 28 mm langen

Embryo (Tafel XLIV, Fig. 1) in der Gegend des hinteren Augenpols zwar aufgehoben, doch reicht, wie Figur 1, Tafel XIX zeigt, die Ganglienzellenschicht selbst bei einem 31 mm langen Embryo medial noch nicht so weit wie lateral. Bei einem 54 mm langen Embryo erstreckt sich jedoch die Ganglienzellenschicht im ganzen Umkreis ungefähr gleich weit bis an die pars coeca retinae heran.

Die Vermehrung der Ganglienzellen erfolgt einerseits, wie bereits erwähnt, innerhalb der Ganglienzellenschicht selbst, andererseits, und dies wohl zum größeren Teile, durch Zuwachs aus der Keimzone der Retina.

Die Ganglienzellenschicht erreicht während ihrer Entwicklung stellenweise eine ganz enorme Dicke. So habe ich bei einem 31 mm langen Embryo gleich neben dem Optikus gegen 20 Kernreihen gezählt, eine solche Dicke allerdings nirgends wo anders und bei keinem andern Stadium angetroffen. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Ganglienzellen schon im letzten Viertel des fötalen Lebens in dem größten Abschnitt der Netzhaut nur eine einfache Reihe bilden, dann gewinnt es geradezu den Anschein, daß die Hauptmasse der Ganglienzellen schon in einem ganz frühen Stadium gebildet wird, nur um später auf die immer mehr an Umfang zunehmende Netzhaut verteilt zu werden. Es muß jedoch hervorgehoben werden, daß weder die Dickenzunahme noch die Dickenabnahme der Ganglienzellenschicht an allen Stellen der Netzhaut in gleicher Weise erfolgt, sondern daß ihre Dicke während der weiteren Entwicklung an verschiedenen Stellen große Unterschiede aufweist. Solche Stellen sind die bereits erwähnte Zone lateral vom Sehnerven, die Area centralis, wo die Ganglienzellenschicht dauernd eine beträchtliche Dicke beibehält; ferner der periphere Abschnitt der Netzhaut, wo die Ganglienzellenausscheidung zuletzt einsetzt, dafür aber noch in voller Tätigkeit ist, wenn sie an andern Stellen bereits aufgehört oder wenigstens bereits stark nachgelassen hat.

Im Gegensatz hierzu erscheint schon frühzeitig ein bestimmter Netzhautabschnitt wesentlich dünner als die ganze übrige Netzhaut. Ich verweise in dieser Hinsicht besonders auf die Fig. 1, Tafel XXXV und Fig. 5, Tafel XLVIII, die zeigen, daß dieser Abschnitt etwas nach außen vom lateralen hinteren Augenpol gelegen ist. Die Ursache hierfür ist unschwer darin zu erblicken, daß von den beiden ursprünglich angenähert gleich großen Augenhälften die temporale zumal an der genannten Stelle viel rascher an Umfang zunimmt, als die nasale. So entsteht hier eine gewisse Ausbuchtung sämtlicher Augenmembranen, die man früher fälschlicherweise als Protuberantia Sclerae bezeichnet hat.

Unsere Kenntnisse von dem feineren Bau der Netzhautganglienzellen, vor allem der Jugendformen, sind zurzeit noch sehr ergänzungsbedürftig. Leider bin ich auch

heute nicht in der Lage, darüber etwas Neues mitzuteilen, weil ich selbst mit Hilfe der in letzter Zeit an meinem eigenen Material angewendeten HELDschen Färbung keine besonderen Erfolge erzielt habe. Ich muß mich deshalb auf eine kurze Wiederholung meiner früheren Mitteilungen beschränken.

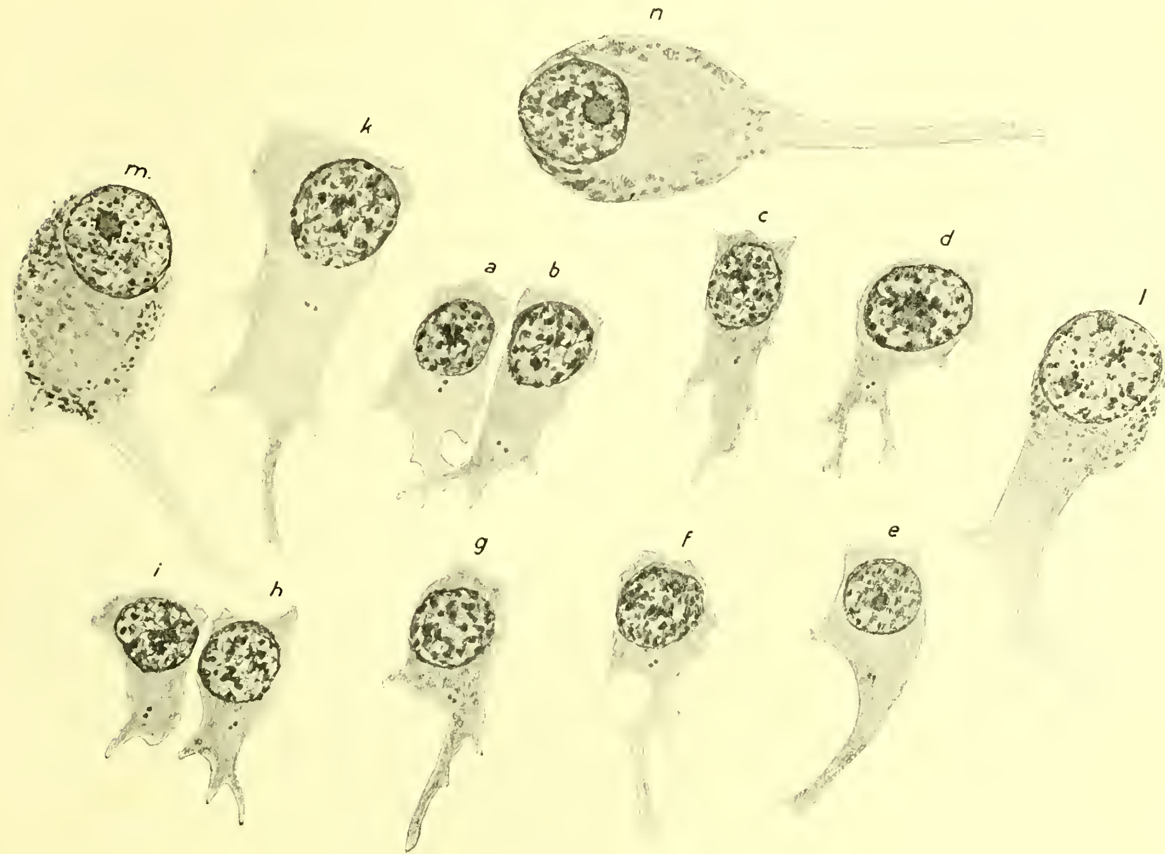


Fig. 55.

Die dendritischen Verzweigungen der jungen Ganglienzellen habe ich zum ersten Male bei Föten von der Mitte des 3. Monats, hier allerdings gleich in schöner Ausbildung, nachweisen können (Tafel XLVI, Fig. 1). Die Diplosomen vermochte ich besonders deutlich in der Netzhaut eines 34,5 cm langen Fötus nachzuweisen, von dem auch die mit *a*—*k* bezeichneten Ganglienzellen der nebenstehenden Textfigur herstammen, während unter dem Buchstaben *l* die Ganglienzellen eines achtmonatlichen Fötus und unter *m* und *n* eines ausgewachsenen Individuums zu sehen sind. Die Lage der Diplosomen, ihr Verhältnis zu

den Ganglienzellen und zueinander, die Größenverhältnisse der Zellen, die Entwicklung der NISSLgranula bei dem 8monatlichen Fötus usw. sind ohne weiteres aus der Abbildung zu ersehen.

Die Entwicklung der Nervenfasern hält ungefähr gleichen Schritt mit der der Ganglienzellenschicht bzw. hinkt ihr nur ganz wenig nach. Die Nervenfasern beanspruchen den von den Kernschichten übrig gelassenen schmalen Rest des Randschleiers bis auf einen schmalen Saum unmittelbar unter der Limitans interna retinae (Tafel XLIII, Fig. 2 und Tafel XLIV, Fig. 1). Wie HELD und KRÜCKMANN nachgewiesen haben, verlaufen die Nervenfasern innerhalb der Bälkchen des Randschleiers, was dort besonders leicht nachzuweisen ist, wo die Nervenfasern quer getroffen sind. Der Unterschied zwischen dem von Neurofibrillen durchzogenen, sog. neurofibrillierten, und dem primitiven Randschleier ist schon bei schwacher Vergrößerung stark in die Augen springend.

Über die Entwicklung der beiden Körnerschichten und der beiden plexiformen Schichten nebst Bemerkungen über die weitere Vermehrung der Netzhautzellen.

Die Differenzierung der beiden plexiformen- und Körnerschichten erfolgt wesentlich später als die der Ganglienzellenschicht. So behält die primitive Kernzone ihr Aussehen fast solange unverändert bei, bis die ganze Ganglienzellenschicht entwickelt ist. Auch die Kerne der primitiven Kernzone lassen im allgemeinen längere Zeit keine tiefgreifenden Unterschiede erkennen. Sie haben zumeist eine länglich ovale spitz zulaufende Form, erscheinen aber zum Teil etwas heller, zum Teil sehr dunkel gefärbt (Tafel XLV, Fig. 5, Tafel XXXVI, Fig. 2). Manche Anzeichen sprechen dafür, daß die dunkeln Kerne zu den MÜLLERschen Stützfasern gehören.

Ganz andere und vielfach sehr eigentümliche Kernformen findet man dagegen in der äußersten Schicht der Netzhaut. Diese Kerne sind dunkler gefärbt und kleiner als die übrigen und an der der Limitans externa zugewendeten Seite tief eingedellt, so daß sie ein gelapptes oder nierenförmiges Aussehen aufweisen (Tafel XLVI und XLVII, Fig. 1 und 2). Aus der Tatsache, daß die kleinsten Kerne nicht selten paarweise nebeneinander und unmittelbar an der Limitans externa in der nächsten Nähe der Mitosen liegen, geht wohl mit Sicherheit hervor, daß wir in ihnen junge Netzhautzellen zu erblicken haben. Ich habe diese Zellformen bereits vor vier Jahren beschrieben und sie damals für eine Eigentümlichkeit der

jungen Zapfenzellen gehalten. Neue Beobachtungen scheinen mir jedoch dafür zu sprechen, daß alle jungen Netzhautzellen einmal die beschriebene Form durchlaufen. Ich habe nämlich im weiteren Verlaufe meiner Untersuchungen die gleichen Zellen in der Netzhautperipherie eines ausgezeichnet konservierten 17 cm langen Fötus in solcher Menge angetroffen, daß aus ihnen unmöglich nur Zapfenzellen hervorgehen konnten. Fig. 2, Tafel XLVI zeigt einen kleinen Abschnitt der betr. Netzhaut. Die Netzhaut befindet sich hier noch auf einer sehr unvollkommenen Entwicklungsstufe. Zahlreiche junge Ganglienzellen wandern aus der primitiven Kernschicht dem Orte ihrer Bestimmung zu, eine Scheidung in eine äußere und innere Körnerschicht ist noch nicht einmal angedeutet. Hier finden wir nun an der Limitans externa die beschriebenen eigenartigen Kernformen teils reihen-, teils häufchenförmig angeordnet, wobei das Häufchen bis in die primitive Kernzone hineinragt.

Dieses Zellhäufchen, das übrigens nicht das einzige in der betr. Netzhaut ist, scheint mir einer besonderen Aufmerksamkeit wert zu sein, weil ich bisher nie etwas Ähnliches angetroffen habe. Man kann wohl bezgl. seiner Deutung verschiedener Ansicht sein. So könnte man es als eine Art Wachstumszentrum betrachten, von dem aus ein gewisser Abschnitt der Netzhaut mit neuen Zellen versorgt wird; es könnte sich aber auch um eine an der Grenze des Normalen und Abnormen stehende Veränderung handeln. Dafür schiene mir einerseits das Ungewöhnliche des ganzen Befundes, andererseits die Tatsache zu sprechen, daß das Knötchen nicht organisch in den übrigen Zellverband der Netzhaut eingefügt, sondern wie ein abgekapselter Fremdkörper dazwischen gelagert zu sein scheint. Eines bestimmten Urteils möchte ich mich jedoch hierüber enthalten.

Was die Teilung bezw. die Vermehrung der Netzhautzellen in späteren Stadien anbetrifft, so hat RABL (1904) die Ansicht ausgesprochen, daß die Teilungsfähigkeit der Zellen des Zentralnervensystems beim Menschen nicht über den 3. oder 4. Monat hinausreicht. Ich selbst habe (1910) angegeben, daß ich die Frage, auf welche Weise sich die Vermehrung der Netzhautzellen vom Ende des 4. Monats an vollzieht, ebensowenig, wie FÜRST (1904) nach seinen Untersuchungen an Lachsembryonen zu beantworten vermöge.

Durch die Untersuchung der ganz ausgezeichnet konservierten Netzhäute von einigen älteren Föten sehe ich mich aber jetzt in die Lage versetzt, zu dieser Frage einen weiteren kleinen Beitrag zu leisten. So habe ich fast in der ganzen Netzhaut eines 17 cm langen Fötus verhältnismäßig ebensoviel Mitosen gefunden, als in ganz jungen Stadien, so daß der Abschluß der Kernteilung bei diesem Fötus wohl noch in weiter Ferne liegen mußte. Ich habe außerdem auch noch bei einem 30 cm langen Fötus in den peripheren Netzhautabschnitten Mitosen gefunden und muß gestehen, daß ich mich daraufhin nicht wundern würde,

wenn mir einmal auch noch bei älteren Stadien der Nachweis von Kernteilungen gelingen würde. Die Mitosen befinden sich bei den beiden genannten Föten ausschließlich in der sog. Keimzone der Netzhaut.

Die Entwicklung der inneren plexiformen Schicht erfolgt ebenso wie die der Ganglienzellenschicht zuerst an der Stelle der späteren Area bezw. Fovea centralis. Sie eilt ebenfalls der Entwicklung der übrigen Schichten beträchtlich voraus, was aus dem Grunde nicht weiter verwunderlich ist, weil sie zu Anfang hauptsächlich aus den dendritischen Verzweigungen der Ganglienzellen besteht. Ich habe die ersten Anzeichen einer plexiformen Schicht bereits bei einem 54 mm langen Embryo gefunden, während sie bei einem 65 mm langen Embryo bereits ziemlich stark entwickelt war. Fig. 1 auf Tafel XLVI zeigt den zentralsten Abschnitt der Netzhaut des 65 mm langen Embryos und man sieht, wie die reichen dendritischen Verästelungen der jungen Ganglienzellen die Hauptmasse der inneren plexiformen Schicht bilden. Auch die weitere Entwicklung dieser Schicht und besonders auch ihre Flächenausbreitung erfolgt nach den gleichen Grundsätzen wie die der Ganglienzellenschicht. Sie erstreckt sich schon bei einem 122 mm langen Fötus lateral ziemlich nahe an die pars coeca retinae heran, während sie medial schon in geringer Entfernung vom Sehnerven endet, und hier auch bei einem 170 mm langen Fötus erst den Aequator bulbi erreicht hat.

Die Scheidung der beiden Körnerschichten vollzieht sich ebenfalls zuerst im Bereiche des Netzhautzentrums und zwar ungefähr gleichzeitig mit der Entwicklung der inneren plexiformen Schicht. Sie vollzieht sich in der Weise, daß sich von der primitiven Kernzone zunächst eine einfache Zellage abzweigt (Tafel XLVI, Fig. 1), die anfangs nur auf einen kleinen Bezirk beschränkt ist, jedoch ziemlich bald eine verhältnismäßig große Ausdehnung erreicht (Tafel XLVIII, Fig. 5).

Die Trennung der beiden Körnerschichten erfolgt nun zunächst nicht durch die Entwicklung eines faserigen Zwischengewebes, sondern es ist zwischen ihnen anfangs nur ein heller von den MÜLLERschen Stützfasern durchzogener Saum nachzuweisen. In der Netzhautperipherie (Tafel XLV, Fig. 4) ist aber auch nicht einmal ein solcher Saum nachzuweisen.

Die äußere Körnerschicht nimmt außerhalb des Netzhautzentrums schon während des fötalen Lebens allmählich an Dicke zu und erreicht in dem peripheren Abschnitt der Netzhaut noch vor der Entwicklung der äußeren plexiformen Schicht eine Dicke von 5—6 Kernreihen (Tafel XLVII, Fig. 1 und 5). Ihre anfangs sehr dunkel gefärbten Kerne werden im Laufe der Zeit lichter und heben sich dadurch von den Kernen der inneren Körnerschicht deutlich ab.

Die äußere plexiforme Schicht ist bei einem Fötus vom Anfang des 5. Monats erst in den zentralen und parazentralen Netzhautbezirken entwickelt, aber auch hier noch sehr schmal (Taf. XLVII, Fig. 2 und 3). Ihre Ausbildung ist also einer späten Entwicklungsperiode vorbehalten. Sie beginnt am nasalen hinteren Augenpol erst gegen das Ende des 5. Monats und ist selbst am Ende des 7. Monats noch nicht bis zur Ora serrata vorgeschritten.

Die Kerne der inneren Körnerschicht weisen anfangs nur geringe Unterschiede auf. Ihre einzelnen Arten entwickeln sich in der Reihenfolge, daß zuerst die Kerne der MÜLLERschen Stützfasern, dann die bipolaren Zellen, dann die inneren horizontalen Zellen (Amakrinen) und zuletzt die äußeren horizontalen Zellen herausdifferenziert werden. Die Kerne der MÜLLERschen Stützfasern liegen anfangs anscheinend ungeordnet zwischen den Kernen der übrigen Körnerschicht und rücken erst im 5. und 6. Monat (im Netzhautzentrum schon früher) in ihre Stelle zwischen den inneren horizontalen und bipolaren Zellen ein.

Die bipolaren Zellen bilden anfangs eine mehrfache Lage von ovalen schlanken und intensiv gefärbten Kernen, die sich allmählich heller färben und eine rundliche Form annehmen.

Die inneren horizontalen Zellen treten in der Area centralis etwa im 4. Monat auf und unterscheiden sich von den bipolaren Zellen von Anfang an durch die lichtere Färbung und rundlichere Form ihrer Kerne. Sie bilden zunächst eine einfache Reihe und wachsen dann auf 2—3 Reihen an, um sich schließlich wieder auf eine einzige Reihe zu verteilen (Taf. XLVIII, Fig. 1—5).

Die äußeren horizontalen Zellen treten erst dann in Erscheinung, wenn sich die äußere plexiforme Schicht entwickelt hat, was, wie gesagt, erst sehr spät geschieht.

Nachdem sich in dem peripheren Abschnitt der Retina sogar noch bei einem Fötus des 6. Monats haben Mitosen nachweisen lassen, dürfte die Art und Weise der Vermehrung der Netzhautzellen im wesentlichen hinreichend aufgeklärt sein. Wenn in späteren Stadien in den beiden Körnerschichten keine Anzeichen einer Zellteilung nachzuweisen sind, so läßt sich das vielleicht damit erklären, daß auch bei ihnen wie bei der Ganglienzellenschicht der erforderliche Vorrat an Zellen in einer gewissen Zeit bereits für immer gedeckt ist. So kann man sich leicht davon überzeugen, daß in den Körnerschichten der fötalen Netzhaut und selbst noch des Neugeborenen viel mehr Zellen auf den gleichen Raum zusammengedrängt sind, als beim Erwachsenen. Nur die Area centralis macht auch hierin wieder eine Ausnahme. Hier kommt aber in Betracht, daß die Fovea centralis schon im 7. fötalen Monat ebenso weit von der Papille entfernt ist, als im ausgewachsenen Auge, daß also das Wachstum des Auges in diesem Bezirk bereits frühzeitig zum Abschluß gelangt ist.

Die Entwicklung der Area und Fovea centralis retinae.

In den vorausgehenden Kapiteln ist bereits wiederholt die Tatsache hervorgehoben worden, daß die Stelle des Netzhautzentrums frühzeitig vor der ganzen übrigen Netzhaut durch eine höhere Differenzierungsstufe ausgezeichnet ist. Von einer Area centralis kann jedoch erst von dem Zeitpunkt an gesprochen werden, in dem die Dicke der Ganglienzellenschicht des Netzhautzentrums die der angrenzenden Netzhautabschnitte deutlich übertrifft.

Ich fand eine wohlausgeprägte Area bereits bei einem 122 mm langen Fötus. Ihr Aussehen ist schon bei diesem Stadium ganz ähnlich wie in Figur 5, Tafel XLVIII, die von einem älteren Fötus (5. Monat) stammt.

Einem noch etwas älteren Stadium entspricht Figur 1, Tafel XLIX. Die hier abgebildete Area unterscheidet sich von der vorhergehenden dadurch, daß die inneren horizontalen Zellen ein wenig von den übrigen Zellen der inneren Körnerschicht abgerückt sind, wodurch eine schmale, von den MÜLLERschen Radiärfasern durchzogene kernfreie Schicht entstanden ist. Diese Schicht wird, wie die folgenden Abbildungen zeigen, in den nächsten Monaten noch wesentlich breiter und sie bleibt bis über die Geburt hinaus bestehen, um dann allmählich zu verschwinden. Sie hat deshalb von CHIEVITZ (1887) den Namen transitorische Faserschicht erhalten. Sie bildet nebst der Einreihigkeit der äußeren Körnerschicht eine sehr markante Eigentümlichkeit der Area centralis des fötalen Auges und sie trägt in hervorragendem Maße dazu bei, das Auffinden dieser Gegend in Schnitten zu erleichtern.

Die Entwicklung der Fovea centralis beginnt bei Föten vom Ende des 6. Monats. Ich gebe die Abbildungen von zwei jungen Foveae, deren eine (Taf. XLVIII, Fig. 4) von einem etwa 30 cm langen Fötus und deren andere (Taf. XLIX, Fig. 2) von einem 34,5 cm langen Fötus herstammt. Auffallend ist der Unterschied in der Form der beiden Foveae. Während nämlich die erstere nur eine flache, aber bereits ziemlich ausgedehnte Grube bildet, erscheint die andere als eine steilere, aber weniger ausgedehnte Vertiefung der Netzhautoberfläche. Es hat also den Anschein, als ob schon beim ersten Auftreten der Fovea individuelle Verschiedenheiten in ihrer Form vorkommen könnten, die bekanntlich beim Erwachsenen noch stärker ausgeprägt sein können.

Das feinere mikroskopische Verhalten der Fovea centralis sowie eines parazentralen Bezirkes des 34,5 cm langen Fötus ist in Figur 2a und b, Tafel XLIX dargestellt. Eine genauere Erläuterung der beiden Abbildungen befindet sich auf dem Blatte nebenan, worauf ich hiermit verweise.

Bei 8monatlichen Föten (Fig. 3 und 4) ist die Ausdehnung der Fovea wesentlich größer, und auch ihre Tiefe hat durch eine weitere Abnahme der Dicke der Ganglien-

zellenschicht etwas zugenommen. Die Zapfenzellen sind etwas schlanker und höher geworden (vgl. nächstes Kapitel), sonst ist keine wesentliche Änderung eingetreten.

Bei einem Neugeborenen (Fig. 5) ist die Fovea als eine tiefe geräumige Grube angelegt, die sog. HENLEsche Faserschicht tritt jetzt stärker hervor, im Grunde der Fovea ist die transitorische Faserschicht verschwunden, die innere Körnerschicht verdünnt und die Ganglienzellenschicht bis auf eine einfache Reihe reduziert. Die Ausdehnung desjenigen Bezirkes, in dem die äußere Körnerschicht nur einreihig ist, ist schon seit dem 6. Monat in ständiger Abnahme begriffen. Die Zapfen stehen jedoch noch immer auf einer sehr unvollkommenen Entwicklungsstufe (Fig. 5a).

Bei einem 8 Wochen alten Kinde ist als die auffälligste Veränderung die starke Entwicklung der HENLEschen Faserschicht, sowie der Umstand zu erwähnen, daß die Zapfenkerne nunmehr auch im Grunde der Fovea zwei bis drei Reihen*) bilden. Die innere Körnerschicht ist bis auf eine einfache Reihe zusammengeschmolzen, jedoch von der Ganglienzellenschicht immer noch durch die äußere plexiforme Schicht getrennt. Die Zapfen sind wesentlich höher und dünner wie beim Neugeborenen (Fig. 6a).

Bei einem 16 Wochen alten Kinde (Fig. 7) ist die Fovea centralis nahe am Ende ihrer Entwicklung angelangt. Die Reste der Ganglienzellen und inneren Körnerschicht beginnen zu einer einfachen, nicht mehr ganz lückenlosen Zellenreihe zu verschmelzen, wogegen die äußere Körnerschicht beträchtlich an Dicke zugenommen hat. Die transitorische Faserschicht ist nur noch im nächsten Umkreise der Fovea angedeutet. Die Zapfen sind jetzt höher und dünner als in der ganzen übrigen Netzhaut. Damit ist der spezifische Entwicklungsgrad erreicht, der die funktionelle Überlegenheit der Fovea über die ganze übrige Netzhaut bedingt. Gleichzeitig ist jetzt auch die sog. Fovea externa entwickelt, die bekanntlich ihre Existenz lediglich der besondern Länge der Zentralzapfen verdankt.

Um einen bequemen Vergleich mit einer ausgebildeten Fovea zu ermöglichen, habe ich auf der gleichen Tafel in Figur 8 auch noch die Fovea eines 55jährigen Mannes zur Darstellung bringen lassen. Wie ich nachträglich gesehen habe, liegt die abgebildete Stelle leider nicht ganz zentral, denn ich habe noch zwei Schnitte gefunden, in denen die Fovea noch etwas geräumiger und die Zahl der Ganglienzellen noch geringer ist, doch genügt auch diese Abbildung, um zu zeigen, daß der wesentlichste Unterschied zwischen

*) Wie die Vermehrung der Zapfenzellen im Bereiche der Area und Fovea centralis geschieht, ist noch nicht genügend aufgeklärt, doch scheint mir die Ansicht DRUAULTS (1911), daß sie durch ein Hinübergleiten von Zellen aus der Nachbarschaft erfolgt, am meisten für sich zu haben.

dieser und der letzten Fovea durch eine weitere beträchtliche Zunahme der Länge und eine entsprechende Abnahme der Dicke der Zapfen bedingt ist.

Bei den bisherigen kurzen Angaben über die Länge und Dicke der Zapfen habe ich ausschließlich die sog. Zentralzapfen in das Auge gefaßt, ohne auf einen Vergleich mit der Zapfenentwicklung an den andern Netzhautabschnitten einzugehen. Tun wir dies (s. Taf. XLIX, Fig. 2a und 2b), so ergibt sich die merkwürdige Tatsache, daß die Entwicklung der Zentralzapfen anfangs schon sehr bald hinter der von den benachbarten Netzhautpartien zurückbleibt. Dies ist sogar noch in ganz eklatanter Weise beim Neugeborenen der Fall, dessen Zentralzapfen noch ganz plumpe und unfertige Gebilde sind, während z. B. die medial vom Sehnerven gelegenen Netzhautabschnitte schon mit viel schlankeren und höheren Zapfen versehen sind. Die bekannte funktionelle Minderwertigkeit der Neugeborenen-Fovea, so vor allem der Mangel des zentralen Fixationsvermögens, fände also schon durch das anatomische Verhalten des Sinnesepithels allein eine ausreichende Erklärung.

Die Entwicklung der Zapfen und Stäbchen.

Zum Studium der Zapfenentwicklung ist kein Abschnitt der Netzhaut so gut geeignet wie die Stelle der späteren Area bezw. Fovea centralis, da hier bekanntlich nur Zapfenzellen auftreten und hier auch ihre ersten Differenzierungsvorgänge zur Beobachtung gelangen.

Die jungen Zapfenzellen (Taf. XLVII, Fig. 1) haben einen kleinen lebhaft gefärbten Kern, der an seiner äußeren Seite eine tiefe Eindellung aufweist (vgl. hiermit S. 116, letzter Absatz). An dieser Seite ist ein anfangs sehr schmaler Protoplasmaleib nachzuweisen, dessen äußere Grenze von der Limitans externa gebildet wird. An der entgegengesetzten Seite ist die Protoplasmahülle so schmal, daß die Zellgrenze mit der Kernmembram zusammenzufallen scheint.

Die Zapfenzellen werden dann etwas höher und die Kerne größer, aber ihre Eindellung bleibt zunächst noch bestehen (Taf. XLVII, Fig. 2). Es kommen aber schon in der nächsten Nähe dieser Zellen etwas höher entwickelte Elemente vor, bei denen die Eindellung der Kerne geschwunden und das Protoplasma höher geworden ist (Fig. 2 und 3). Die Limitans externa scheint aber auch an diesen Stellen nicht durchbrochen zu sein. Zwischen den Zapfenzellen verlaufen die freien Enden der MÜLLERschen Stützfasern zur Limitans externa.

Alle die beschriebenen Zapfenformen habe ich bei einem 65 mm langen Fötus gefunden; die Färbung der Diplosomen ist mir jedoch bei diesem Stadium nicht so gut gelungen, als es nach der Figur 2 den Anschein haben könnte.

Das nächste Entwicklungsstadium habe ich bei einem Fötus von 80 mm größter Länge angetroffen (Taf. XLVII, Fig. 4). Als wesentlichster Fortschritt ist dabei die Tatsache zu verzeichnen, daß das intensiv gefärbte Protoplasma der Zapfenzellen nunmehr deutlich über die Limitans externa hervorragt, was voraussetzt, daß die Limitans hier durchbrochen ist. Ferner ist jetzt auch an der entgegengesetzten Seite der Zapfenzellen eine deutliche Protoplasmahülle nachzuweisen, die zuweilen einige kurze Fortsätze aufweist. Schon jetzt kann nicht mehr zweifelhaft sein, daß der plumpe Protoplasmaleib an der freien Seite der Zapfenzellen als die Anlage des Zapfeninnengliedes anzusehen ist. Bei diesem Präparat ist mir auch die Darstellung der Diplosomen in jeder einzelnen Zelle gelungen. Sie liegen fast durchweg jenseits der Limitans externa, zumeist senkrecht oder schräg übereinander und sind durchgehends von einem hellen Hof umgeben.

Zwischen den Zapfenzellen findet man gewöhnlich zwei nebeneinander liegende intensiv gefärbte schwarze Punkte vom Aussehen der Diplosomen der Zapfenzellen. Diese Pünktchen entsprechen den Diplosomen der hier in die Limitans externa einmündenden freien Enden der MÜLLERschen Stützfasern. Manchmal nehmen aber die Pünktchen bei Drehungen mit der Mikrometerschraube das Aussehen von kurzen Stäbchen an oder sie konfluieren zu einem etwas längeren Stäbchen; dann ist es die Membrana Limitans selbst, die wir vor uns haben, die aber mit den Diplosomen unter Umständen eine täuschende Ähnlichkeit aufweisen kann (Taf. XLVII, Fig. 4—8).

In den nächsten Wochen nehmen die Zapfenzellen allmählich an Höhe zu und sie ordnen sich zu einem Zellverband von einer seltenen Regelmäßigkeit der Anordnung, von der Figur 2, Tafel XLVIII eine Vorstellung verschafft. Ferner wird durch die Entwicklung der äußeren plexiformen Schicht die basale Grenze der Zapfenzellen schärfer gezogen als vorher. Die Zapfenzellen erhalten so allmählich eine ausgesprochene zylindrische Form. Ihre Kerne sind kugelrund und nehmen ungefähr die Mitte der Zellen ein. Das Protoplasma der freien Zellseite ist nicht mehr ganz gleichmäßig, sondern in einem rautenförmigen Bezirk intensiver gefärbt als sonst. Das äußerste Ende der Zelle ist deutlich konisch zugespitzt, und hier befinden sich regelmäßig die Diplosomen. In dem auf Tafel XLVII, Figur 5 abgebildeten Entwicklungsstadium (Fötus von 345 mm Länge) ist in jedem Zapfen ein von einem Diplosom ausgehender feiner und kurzer Faden nachzuweisen, der in der Richtung des Pigmentepithels verläuft. Dieser Faden umgibt sich in der Folgezeit mit einer zarten protoplasmatischen Hülle, die zusammen mit dem Faden das Zapfenaußenglied bildet.

Die intimen Beziehungen des Außengliedes zu den Diplosomen haben LEBOUCQ zu der Ansicht bestimmt, daß die Fadenentwicklung von den Diplosomen selbst ausgeht. Auch

Seefelder und Magitot haben ihm darin beigepflichtet. Ich bin jedoch nicht in der Lage, über den Zeitpunkt des ersten Auftretens des Fadens ganz zuverlässige Angaben zu machen. Man findet nämlich schon frühzeitig in den Präparaten, in denen sich die Netzhaut vom Pigmentepithel abgelöst hat, an der Außenseite der Netzhaut zahlreiche fädchenförmige Gebilde, die anscheinend weiter nichts sind als das beim Ablösungsvorgang mehr oder weniger ausgezogene Protoplasma der zu äußerst gelegenen Netzhautzellen. Diese Beobachtung, die schon an ganz jungen Stadien gemacht werden kann, erlaubt den Schluß, daß zwischen der Retina und dem Pigmentepithel schon frühzeitig ein inniger Kontakt besteht (Magitot). Es ergibt sich aber daraus die Schlußfolgerung, daß das einwandfreie Vorhandensein des beschriebenen Fadens nur in solchen Netzhäuten konstatiert werden kann, in denen keine künstliche Netzhautablösung stattgefunden hat. Solche Präparate gehören aber zu den größten Seltenheiten.

Mit der Entwicklung des Zapfenaußengliedes ist der Bau des Zapfens im Prinzip festgelegt. Seine Umformung zu dem bekannten schlanken feingliederigen Gebilde ist dann nur noch eine Frage der Zeit.

Bald nach der Anlage des Zapfenaußengliedes erfolgt auch die Entwicklung der Zapfenfasern, die ich an den Zentralzapfen zum ersten Male bei einem Fötus des 8. Monats konstatieren konnte (Tafel XLII, Fig. 8). Auch die Länge der Zapfenfasern nimmt im Laufe der Entwicklung zumal im Zentrum bekanntlich noch ganz beträchtlich zu.

Für das Studium der Stäbchenentwicklung ist mein Material weniger gut geeignet, weil ich gerade aus dem Zeitpunkt, in dem die Stäbchen in dem parazentralen Bezirk zuerst auftreten, kein sehr gut fixiertes Stadium besitze. Doch wird durch die Figur 1 auf Tafel IV der Arbeit von Magitot meine schon vorher geäußerte Vermutung bestätigt, daß die Stäbchen von Anfang an als sehr schlanke Gebilde angelegt werden. Das von Magitot abgebildete Stadium hatte eine Länge von 220 mm. Die Stäbchen waren bei ihm noch lange nicht so gut entwickelt als bei meinem Fötus von 345 mm Länge, bei dem in den parazentralen Bezirk schon hoch entwickelte Elemente vorhanden sind (Tafel XLVII, Fig. 7). Die enge Verwandtschaft der Stäbchen und Zapfen läßt darauf schließen, daß die Entwicklung der Stäbchen im Prinzip ebenso verläuft wie die der Zapfen. So sieht man auch in Figur 2 Tafel XLVI, daß in der äußersten Peripherie der Netzhaut eines 170 mm langen Fötus bereits sämtliche Diplosomen jenseits der Limitans externa liegen, obwohl die freien Enden der Stäbchenzellen kaum über die Limitans hervorragen.

Die Pars coeca sive ciliaris retinae.

Die Entwicklung der Pars coeca retinae setzt ungefähr um die Mitte des 3. fötalen Monats ein. Um diese Zeit tritt am Übergang der Netzhaut in das Pigmentepithel ein hohes unpigmentiertes zylindrisches Epithel auf, das rasch eine größere Ausdehnung erhält (Tafel XXVIII, Fig. 1 und 2). Unmittelbar darauf erfolgt jedoch im Bereiche des ganzen Epithels die Entwicklung der Ziliarfortsätze, so daß dann die Netzhaut unmittelbar an den gefalteten Teil des Ziliarkörpers grenzt. Dieser Zustand hält eine Weile an, da sich das retinale Epithel der Pars plana corporis ciliaris erst ziemlich spät entwickelt. Seine Ausdehnung ist noch am Ende des 5. Monats sehr gering und wird erst im Laufe des 6. Monats etwas beträchtlicher. So liegt die Ora serrata bei einem Fötus des 7. Monats etwa in der Mitte des Ziliarmuskels, im 8. Monat in der Gegend des hinteren Drittels, im 9. Monat am hinteren Ende des Ziliarmuskels und erst beim Neugeborenen ganz im Bereiche der Aderhaut. Ich bemerke außerdem, daß sich die angegebenen Grenzen nur auf die laterale Hälfte des Auges beziehen, wo die Ausdehnung der Pars coeca retinae größer ist als medial, ferner daß sie in Anbetracht der hier obwaltenden großen individuellen Verschiedenheiten nur einen ungefähren Wert besitzen können.

Beim Zurückweichen der Netzhaut nach hinten kommt es oft vor, daß »sehr lange in die Täler zwischen die Ziliarfortsätze gerichtete Zacken der Ora serrata bestehen bleiben, die sich erst allmählich zurückbilden, oft aber auch vereinzelt bis in ein höheres Alter sich erhalten« (O. SCHULTZE 1900). Solche Zacken der Ora serrata habe ich bei Föten des 8. Monats noch sehr häufig gefunden und zwar zuweilen im ganzen Umkreis der Netzhaut. Sie verleihen dem Ziliarkörper, namentlich makroskopisch ein eigenartiges Aussehen. In mißgebildeten Augen scheinen sie häufiger bis in die Geburt hinaus bestehen zu bleiben als in normalen Augen.

Der Sehnerv.

Von R. SEEFELDER.

Meine folgende Darstellung der ersten Entwicklung des Sehnerven ist auf eine wesentlich breitere Basis gestellt als meine früheren Mitteilungen (1910). Dies liegt nicht nur daran, daß sich mein eigenes Material an jungen menschlichen Embryonen seit dieser Zeit beträchtlich vermehrt hat, sondern auch daran, daß ich es in einer für das Studium der Sehnerven-

entwicklung besonders günstigen Weise bearbeitet habe. So habe ich großen Wert auf die Anfertigung von Querschnittserien gelegt, in denen sich die Form des Sehnerven weitaus am bequemsten studieren läßt; andererseits habe ich dadurch, daß ich gewöhnlich nur eine Hälfte des Embryos in sagittaler, die andere dagegen in horizontaler Richtung geschnitten habe, von dem gleichen Embryo auch Sehnervenlängsschnitte erhalten, die die an den Querschnitten gemachten Beobachtungen in willkommener Weise ergänzen.

So bin ich heute in den Stand gesetzt, manche damals offen gelassene Lücke auszufüllen.

In der ersten Entwicklung des Sehnerven kann man die gleichen Stadien unterscheiden wie in der ersten Netzhautentwicklung, nämlich:

1. Das Epithelstadium.
2. Das Stadium der Randschleierentwicklung.
3. Das Stadium der Nervenfaserentwicklung.

Das Epithelstadium.

Das reine Epithelstadium ist beim Menschen nur zur Zeit der primären Augenblase vorhanden. Der Bau des Augenblasenstiels stimmt in dieser Zeit mit dem der Netzhautanlage vollkommen überein. Der Stiel hat in jener Zeit nur die Bedeutung einer kurzen Übergangsstelle der Augenblase in das Gehirn, die anfangs nur durch eine ganz seichte, bald jedoch durch eine steilere Einsenkung der dorsalen Wandung gekennzeichnet ist, während an der ventralen Seite die drei genannten Abschnitte ohne jede Abgrenzung ineinander übergehen. Die Form und die Zusammensetzung des epithelialen Augenblasenstieles ist in den verschiedenen Figuren auf Tafel I und II dargestellt. Auffallend ist in einigen Figuren eine leichte Fältelung der dorsalen Stielwand, die übrigens auch bei älteren Stadien bald vorhanden ist, bald fehlt. Man könnte meinen, daß es sich dabei um ein Kunstprodukt handele, wenn nicht die ausgezeichnete Konservierung der betreffenden Embryonen unbedingt dagegen spräche. So kann man nicht umhin, die Möglichkeit von kleinen Variationen in der Form des embryonalen Sehnerven anzuerkennen.

Das Stadium der Randschleierentwicklung.

Die Bildung der Stiel- (Optikus-) rinne.

Die Entwicklung des Randschleiers erfolgt im Sehnerven etwas später wie in der Netzhaut, nämlich erst nach der Bildung der sekundären Augenblase, während sie bekanntlich in der Netzhaut schon zur Zeit der primären Augenblase beginnt.

Was die Entwicklung der Stielrinne anbelangt, so habe ich schon verschiedentlich darauf hingewiesen, daß sie erst nach der Einstülpung der primären Augenblase zum Augenbecher erfolgt. So ist auch bei dem auf Tafel XXXVII, Fig. 1 und 2 abgebildeten Augenblasenstiel eines 6,5 mm langen Embryos noch keine Spaltbildung zu konstatieren, wogegen der dazugehörige Augenbecher bereits eine tiefe Spalte aufweist. Wohl aber findet sich in dem



Fig. 56. Augenanlage eines Embryos von 8 mm Länge.

unmittelbar an den Augenbecher grenzenden Abschnitte des Stiels ein leistenförmiger Vorsprung der ventralen Wand, der als der Vorbote der Einstülpung anzusehen ist.

Die Bildung der Stielrinne erfolgt bei Embryonen von ungefähr 7 bis 8 mm größter Länge, hier aber, wenigstens andeutungsweise, gleich im Bereiche des ganzen Stiels. Von den in jener und in der anschließenden Zeit eintretenden Veränderungen in der Form und Dicke des Sehnerven gewähren die Figuren auf den Tafeln XXXVII bis XXXIX eine, wie ich glaube, so klare Vorstellung, daß sich eine nähere Erläuterung von ihnen erübrigen dürfte. Es sind von jeder Serie eines 8,0 mm, 9,0 mm, 12,7 und 14,5 mm langen Embryos in der Richtung vom Auge bis zum Gehirn einige besonders lehrreiche Schnitte ausgewählt, und

sämtliche mit dem ZEISSschen Zeichenapparat in genau der gleichen Vergrößerung gezeichnet worden, so daß die äußeren Umrisse von den verschiedenen Abschnitten der einzelnen Seh-

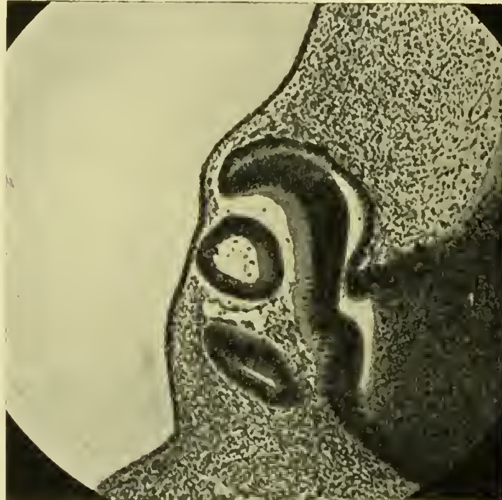


Fig. 57. Augenanlage eines Embryos von 9 mm Länge.

nerven auf das getreueste wiedergegeben sind. Ferner sollen über die Länge des Sehnerven der gleichen Stadien die Figuren 56—59 (Mikrophotogramme) Aufschluß erteilen, die bis auf

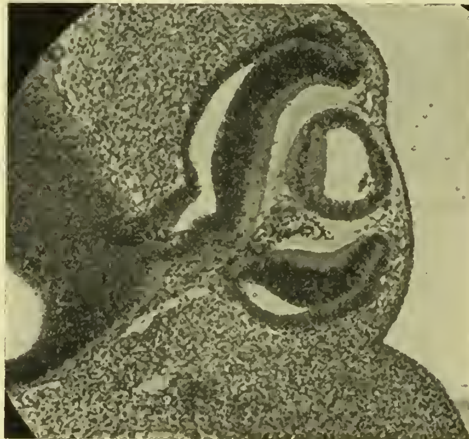


Fig. 58. Augenanlage eines Embryos von 12,7 mm Länge.

die bei schwächerer Vergrößerung angefertigte Figur 59 ebenfalls in gleicher Vergrößerung aufgenommen worden sind. Sie zeigen, daß erst bei dem 14,5 mm langen Embryo eine nennenswerte Längenzunahme des Sehnerven erfolgt ist. Die von den anderen abweichende

Form des Sehnervenstiels in Figur 56 ist wohl in der Hauptsache durch eine etwas andere Schnittrichtung bedingt.

Schließlich möchte ich auch an dieser Stelle betonen, daß bei meinen Embryonen bis zu 13 mm Länge weder im Sehnerven noch in der Netzhaut Nervenfasern entwickelt sind.

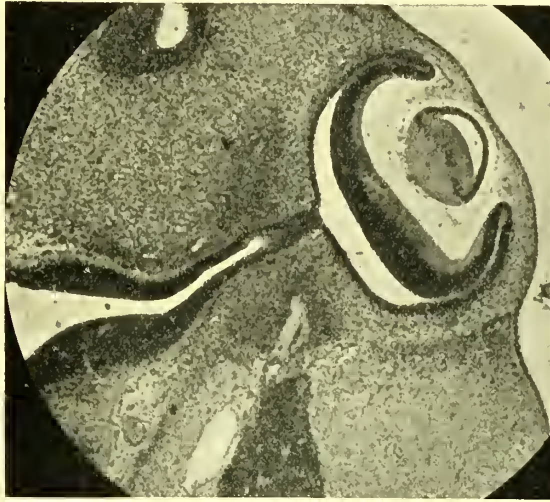


Fig. 59. Augenanlage eines Embryos von 14,5 mm Länge.

Trotzdem läßt sich konstatieren, daß die Entwicklung des Randschleiers in der ventralen Optikuswand allmählich deutliche Fortschritte gemacht hat. Sie erfolgt also auch im Sehnerven unabhängig von der Entwicklung der Nervenfasern.

Das Stadium der Nervenfaserentwicklung.

Schon in dem gleichen Kapitel der Netzhautentwicklung habe ich erwähnt, daß die ersten Nervenfasern von den Ganglienzellen der Netzhaut abstammen und ausschließlich in dem Randschleier der Netzhaut auf dem kürzesten Wege zum Sehnerven ziehen, von dem zuerst die ventrale Wand von den Nervenfasern durchwachsen wird. Es ist dies derjenige Abschnitt, in dem der Randschleier schon vorher die stärkste Entwicklung aufweist. Dieses Verhalten der Nervenfasern ist in völlig eindeutiger Weise in den Figuren 8 auf Tafel XXXIX und 3 auf Tafel XLII zu ersehen. Die letztere zeigt die Übergangsstelle des Sehnerven in den Augenbecher eines 14,5 mm langen Embryos im Längsschnitt, wogegen die Figuren auf Tafel XXXIX den anderen Sehnerven des gleichen Embryos im Querschnitt vor Augen führen.

An den letztgenannten Figuren ist u. a. die Tatsache hervorzuheben, daß die ventrale Rinnenbildung sich nicht mehr auf den zerebralen Abschnitt des Sehnerven erstreckt, und daß das okulare Ende der Rinne durch ein gliösfaseriges Gewebe überbrückt wird. Das größte Interesse beanspruchen jedoch jetzt das Vorhandensein von Nervenfasern und deren Beziehungen zu ihrer Umgebung.

Bezüglich des letzteren Punktes verweise ich auf Figur 8, Tafel XXXIX. Der betreffende Schnitt ist nach HELD gefärbt und mit größter Vorsicht so differenziert worden, daß die Nervenfasern tiefschwarz, das Gliagerüst dagegen wesentlich heller erscheinen, so daß sich die beiden Komponenten des Sehnerven scharf voneinander unterscheiden. Man kann sich nun leicht davon überzeugen, daß die überwiegende Mehrzahl der Nervenfasern innerhalb des Randschleiers verläuft, und daß sich nur ein verhältnismäßig kleiner Teil am Übergang der inneren in die äußere Optikuswand befindet. Die ganze äußere Wand des Stiels ist noch rein epithelial und frei von Nervenfasern. Man sieht ferner sowohl bei diesem als den folgenden Stadien, daß die Nervenfasern nicht frei zwischen den Maschen des Gliagerüsts verlaufen, sondern daß sie darin aufgehängt sind. Dieses Verhalten ist mit noch größerer Deutlichkeit auf Tafel XLI und XLII zu konstatieren. Namentlich das Präparat von Figur 1 und 2, Tafel XLII ist so günstig gefärbt, daß die erwähnten Beziehungen zwischen Nervenfaser und Neuroglia schon bei verhältnismäßig schwacher Vergrößerung in unverkennbarer Weise zu sehen sind.

Die Nervenfasern erstrecken sich bei dem 14,5 mm langen Embryo noch nicht bis zum Gehirn, sondern sie verlieren sich in einiger Entfernung von dem Augenbecher. Zentrifugal verlaufende Nervenfasern sind trotz der starken Entwicklung des Randschleiers in dem zerebralen Ende des Sehnerven nicht nachzuweisen. Damit wird die von KEIBEL (1889), ASSHETON (1893), ROBINSON (1896), NUSSBAUM (1899) und FRORIEP (1906) bei Tieren nachgewiesene Tatsache, daß die ersten Nervenfasern von der Netzhaut in den Sehnerven einwachsen, auch beim Menschen bestätigt.

Die oben vorgetragenen Beobachtungen über die Beziehungen der jungen Nervenfasern zu ihrer Umgebung stimmen vor allem mit den Ansichten überein, die von einem der erfahrensten Forscher auf diesem Gebiete, HANS HELD, auf Grund umfassender Untersuchungen seit Jahren verfochten werden, und denen sich später WLASSAK (1898), KRÜCKMANN (1906) und Verfasser (1910) angeschlossen haben. Dagegen ist in neuester Zeit v. SZILY in einer Arbeit über die einleitenden Vorgänge bei der ersten Entstehung der Nervenfasern im Nervus optikus mit neuen Anschauungen hervorgetreten. v. SZILY (1912) hat bei seinen Untersuchungen über physiologische Degenerationen in der Embryonalanlage die

Beobachtung gemacht, daß auch im Augenblasenstiel, und zwar bereits einige Zeit vor dem Auftreten der ersten Nervenfasern, eine ausgiebige Zelldegeneration stattfinde. Er hat des weiteren festgestellt, daß durch die Degeneration und Auflösung der Zellen Hohlräume im Sehnerven entstehen, die zur Bildung von Kanälen Veranlassung geben. Innerhalb dieser Kanäle wüchsen die Nervenfasern vom Auge bis zum Gehirn, und zwar sollen die Nervenfasern durch eine von den zerfallenen Zellen ausgehende chemotaktische Wirkung angelockt werden. v. SZILY hat seine Untersuchungen an einem sehr reichhaltigen lückenlosen Material von verschiedenen Tieren angestellt und »sich von dem Vorhandensein derselben Erscheinungen auch in dem ihm zur Verfügung stehenden menschlichen Material überzeugen können«. Seine Untersuchungen bilden eine gewisse Bestätigung früherer Angaben von PES (1906 u. 1908) über das Vorkommen von karyolytischen Prozessen im embryonalen Sehnerven des Hühnchens. Die Angaben von PES sind von mir seinerzeit bezw. des Menschen zurückgewiesen worden, wogegen ich zu seinen das Hühnchen betreffenden Ausführungen mangels ausreichenden Materials keine bestimmte Stellung genommen habe. Weitere Untersuchungen an meinem neuen Material von menschlichen Embryonen haben nun die folgenden für die vorliegende Frage interessanten Tatsachen ergeben.

1. Bei einem 5 mm langen Embryo sind im Augenblasenstiel keine degenerierenden Zellen nachweisbar.

2. Bei einem 6,5 mm langen Embryo sind in der Netzhaut sehr viele, dagegen im Sehnerven nur ganz vereinzelte degenerierende Zellen vorhanden.

3. Bei einem 8 mm langen Embryo sind im Sehnerven nur vereinzelte degenerierende Zellen nachweisbar.

4. Bei einem 9 mm langen Embryo finden sich am Übergange der Netzhaut in den Sehnerven mehrere, im übrigen nur vereinzelte degenerierende Zellen.

5. Bei einem 9,2 mm langen Embryo finden sich in einem Sehnerven nur vereinzelte degenerierende Zellen, die auf ganz verschiedene Abschnitte verteilt sind. In dem anderen Sehnerven des gleichen Embryos sind etwas mehr degenerierende Zellen vorhanden, die zum Teil in mehreren Schnitten an korrespondierenden Stellen liegen.

6. Bei einem 12,7 mm langen Embryo sind viel mehr degenerierende Zellen als bei den vorausgehenden Stadien, so z. B. manchmal 6—7 in einem Sehnervenquerschnitt vorhanden, die anscheinend regellos über das ganze Areal verteilt sind. So finden sie sich teils zwischen den Kernen, teils im Randschleier und im Bereiche des ganzen Sehnerven vom Auge bis zum Gehirn.

7. Bei einem 14,5 mm langen Embryo sind ganze degenerierende Zellen nur vereinzelt, dagegen fast in jedem Schnitte intensiv gefärbte kleinere und größere kugelförmige Gebilde nachzuweisen, die wohl als Kerntrümmer anzusprechen sind.

Es läßt sich also nicht leugnen, daß die von PES und v. SZILY beschriebene Karyolyse auch beim Menschen vorkommt, und daß dieser Vorgang, nach meinem eigenen Material zu urteilen, in einem gewissen Stadium besonders stark ausgeprägt ist. Es ist auch vielleicht mit Rücksicht auf die v. SZILYschen Mitteilungen nicht ohne Interesse, daß der größte Kernzerfall bei dem Stadium gefunden worden ist, das unmittelbar vor der Nervenfaserentwicklung stand. Dagegen ist zu bedenken, daß sich sonst keine Veränderungen nachweisen ließen, die im Sinne der v. SZILYschen Auffassung zu verwerten wären. So fehlt z. B. die von v. SZILY bei Tieren gefundene Lücken- und Röhrenbildung innerhalb des Sehnerven so gut wie ganz. Dabei befinden sich doch zwei Stadien darunter, bei denen sie zu erwarten wäre, wenn sie beim Menschen die gleiche Bedeutung haben sollte wie bei den von v. SZILY untersuchten Tieren. Denn bei dem 12,7 mm langen Embryo hätten sich die Nervenfasern in der allernächsten Zeit entwickeln müssen, und bei dem 14,5 mm langen Embryo sind sie eben erst in der Entwicklung begriffen. Noch mehr als dies dürfte jedoch der Umstand ins Gewicht fallen, daß die bei dem letzteren Embryo gefundenen Nervenfasern größtenteils in dem Randschleier, also in einem Bezirk verlaufen, in den zwar einzelne degenerierende Zellen hineingeraten, der aber seiner Kernlosigkeit wegen selbst nicht der Sitz einer ausgiebigen Zelldegeneration oder Röhrenbildung sein kann. Der Randschleier scheint demnach in dem Sehnerven des Menschen anfangs doch die gleiche Rolle zu spielen wie in der Netzhaut. Welche Bedeutung die degenerierenden Zellen für die Richtungsbestimmung der Nervenfasern im allgemeinen haben, muß ich naturgemäß bei meinem für die Entscheidung solcher Fragen viel zu spärlichen Material dahingestellt sein lassen. Überhaupt bin ich mir bewußt, daß menschliches embryonales Material keinesfalls dazu ausreichend sein kann, alle Probleme der Nervenfaserentwicklung zu lösen, sondern es kann sich nur darum handeln, zu prüfen, mit welcher der bestehenden Theorien die an ihm beobachteten Tatsachen in erster Linie in Einklang zu bringen sind. Dies dürfte sich aus dem bis jetzt Gesagten meines Erachtens von selbst ergeben.

Die Umwandlung des hohlen in den soliden Sehnerven.

Für das Studium der Frage, wie sich die Umwandlung des hohlen in den soliden Sehnerven vollzieht, stand mir leider nur wenig Material zur Verfügung. Doch glaube ich, daß sich die wichtigsten Gesichtspunkte schon aus einem Vergleich des im letzten Kapitel beschriebenen 14,5 mm langen Embryos mit einem sehr gut konservierten 19 mm langen Embryo ergeben (Tafel XXXIX—XLII). Es zeigt sich dabei vor allem, daß bei dem 19 mm langen Embryo viel mehr Nervenfasern entwickelt sind, sowie daß das Stiellumen nur noch in der Nähe des Auges und Gehirns nachweisbar ist. Hingegen finden wir die Optikusrinne an dem okularen Sehnervenende in der gleichen Weise überbrückt wie bei dem 14,5 mm langen Embryo und weiter hinten zwar stark abgeflacht, aber noch nicht völlig verstrichen. Die

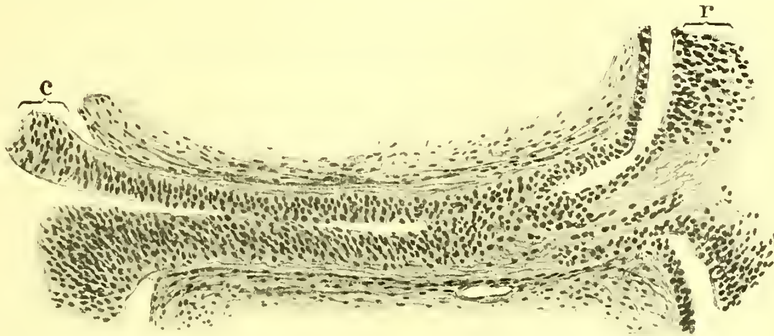


Fig. 60. Sehnervenlängsschnitt von einem etwa 19 mm langen Embryo.
r = Retina. *c* = cerebrum.

Nervenfasern erstrecken sich vom Auge bis zum Gehirn, zeigen aber nicht an allen Abschnitten des Sehnerven die gleiche Verteilung. Sie lassen in der nächsten Nähe des Auges noch den dorsalsten Abschnitt des Sehnerven frei, während sie weiter hirnwärts in dem mittleren Abschnitt des Sehnerven den ganzen Stamm durchsetzen. Die dorsale Stielwandung besteht infolgedessen in der nächsten Nähe des Auges noch aus epithelialen Zellen, von denen einige Pigment enthalten. Auch an der lateralen Seite des okularen Sehnervenendes finden sich noch einige Anklänge an seine ehemalige epitheliale Struktur.

Die Stielzellen erscheinen durch die Nervenfasern nach allen Richtungen auseinander gedrängt und großenteils anscheinend regellos über den Sehnerven verteilt. Weiter hirnwärts erscheinen sie jedoch um das Stiellumen herum kreisförmig angeordnet, während die Nervenfasern mehr in Peripherie des Nerven verlaufen. Dieses Verhalten ist auch aus der nebenstehenden Fig. 60 zu ersehen, die einen Sehnervenlängsschnitt eines etwa 19 mm langen

Embryos darstellt, der aber in seiner Entwicklung hinter dem auf Tafel XXXIX abgebildeten Embryo zurücksteht.

Die Stielzellen weisen jetzt vielfach lange und sternförmig verästelte Fortsätze auf (Tafel XLI). Sie haben also die typische Astrozytenform der Optikusgliazellen angenommen, was wohl in erster Linie auf die Aufsplitterung des Zellprotoplasmas durch die Nervenfasern zurückzuführen ist. Die Dicke des Sehnerven hat trotz der starken Nervenfaserentwicklung weiterhin abgenommen.

Sehen wir uns nach der Ursache der beträchtlichen Verkleinerung und des Schwundes des Stiellumens um, so ergibt sich, daß die Massenzunahme des Sehnerven fast ausschließlich durch die Vermehrung der Nervenfasern bedingt ist, während die Zahl der Kerne im Querschnitt sogar geringer ist als bei den vorausgehenden Stadien. Demnach dürfte der Wucherung der Optikuswände bei der Verödung des Stiellumens und bei dem Schlusse der Optikusrinne nur eine geringe Bedeutung beizumessen und das Hauptgewicht auf die Vermehrung der Nervenfasern zu legen sein, was NUSSBAUM (1899) und ich schon vor Jahren getan haben.

Der vollständige Schwund des Stiellumens und der Optikusrinne ist bei Embryonen von 22—25 mm Länge erfolgt.

Das Verhalten des Sehnerven bis zur Entwicklung der mesodermalen Stützsubstanz.

Die Teilung der Stiel- bezw. Gliazellen.

In der ersten Zeit nach der vollständigen Durchwachsung des Sehnerven durch die Nervenfasern scheinen die Gliazellen ohne jede Ordnung zwischen den Nervenfasern zu liegen (Tafel XLI und XLIII, Fig. 1, Tafel XLIV, Fig. 1). Dies ist bei Embryonen von etwa 20 bis 35 mm Länge der Fall. Bei etwas älteren Embryonen zeigen dagegen die Gliazellen sowohl im Längs- als im Querschnitt eine ziemlich regelmäßige Anordnung. So sehen wir die Kerne im Längsschnitt in Reihen angeordnet, die sämtlich parallel zur Achse des Sehnerven verlaufen, wobei ihre Abstände von den Nervenfasern ausgefüllt werden. Dieses Verhalten hat KRÜCKMANN (1906) dazu veranlaßt, von Gliasäulen des Sehnerven zu reden, wogegen ich den Ausdruck Gliaröhren vorgeschlagen habe, weil die Gliakerne in der Tat röhrenförmig um die Nervenfasern angeordnet sind. Dies läßt sich im Querschnitt wesentlich leichter demonstrieren als im Längsschnitt, weshalb ich auf Tafel XL, Fig. 7 ein Segment eines Sehnervenquerschnitts von einem 65 mm langen Embryo abgebildet habe. In dem betreffenden

Sehnerven ist abgesehen von der Arteria hyaloidea noch kein mesodermales Gewebe vorhanden. Es sind also alle vorhandenen Zellen Gliazellen, die, wie gesagt, um die Nervenfasern ein zierliches Maschenwerk bilden.

Ungefähr in dem gleichen Zeitraum, nämlich von der Durchwachsung des Sehnerven durch die Nervenfasern an bis zur Entwicklung des mesodermalen Stützgewebes sind an den Gliakernen des Sehnerven vielfach sehr eigenartige Formveränderungen zu konstatieren.

Die an und für sich ovalen Kerne weisen häufig eine tiefe taillenartige Einschnürung auf, durch die sie in zwei zumeist ungleich große Hälften geteilt werden. Die Verbindungsbrücke der beiden Kernhälften ist bald zu einem kürzeren, bald zu einem längeren Faden ausgezogen, der manchmal unmittelbar vor dem Einreißen zu stehen scheint. Andere Kerne



Fig. 61.

zeigen ein gelapptes Aussehen, kolbige Auswüchse, seichte Dellen und dergl., kurz eine Reihe von Veränderungen, die selbst in der nebenstehenden Textfigur noch lange nicht in erschöpfender Weise zum Ausdruck gebracht worden sind. Es muß dahingestellt bleiben, ob die beschriebenen Kernveränderungen als der Ausdruck einer amitotischen Kernteilung oder einer mechanischen Deformierung durch die einwachsenden Nervenfasern anzusehen sind. Ich selbst, und in neuester Zeit Mawas und Magitot haben sich mehr zu der ersteren Auffassung bekannt, wogegen Kleczkowski (1913) vor kurzem der letzteren den Vorzug gegeben hat, da er die gleichen Kernveränderungen bei Tieren auch zur Zeit des Einwachsens der Blutgefäße in den Nerven beobachtet habe.

Neben den beschriebenen Kernveränderungen sind in den Sehnerven von Föten des 3. Monats auch Mitosen nachweisbar, später habe ich keine mehr gefunden.

Die Glia des Sehnerven.

Die Glia des Sehnerven ist zum Teil bereits in dem vorausgehenden Kapitel beschrieben worden. Insbesondere ist der Gliamantel der Arteria hyaloidea bereits eingehend erörtert worden. Auch des sog. zentralen Gliamantels wurde schon Erwähnung getan. Wir verstehen darunter nach KRÜCKMANN denjenigen Teil der Glia, der die Arteria centralis während ihres Verlaufes durch den Sehnerven mantelförmig umgibt. Wir haben gesehen, daß er anfangs aus epithelartig angeordneten Zellen besteht, die mit den übrigen Gliazellen des Nervus opticus in Verbindung stehen (Tafel XLIII, Fig. 2). Das epithelartige Aussehen des Gliamantels geht jedoch bald verloren, und es tritt an seine Stelle ein mehr faseriges Gliagewebe, das eine individuell verschieden starke Ausbildung erfahren kann. So findet man den Gliamantel bei Föten gleichen Alters, z. B. des 4. oder 5. Monats häufig verschieden stark entwickelt.

Der periphere Gliamantel bildet bekanntlich die periphere Abgrenzung des Sehnerven von seiner mesodermalen Umgebung. Auch bei seiner Entwicklung kommen große individuelle Verschiedenheiten vor. So geht er zum Teil sicherlich aus epithelialen Stielzellen hervor, die noch aus der Zeit des Epithelstadiums an Ort und Stelle geblieben sind. Wenigstens findet man zuweilen selbst noch bei Föten des 4. Monats an der Grenze von Pigmentepithel und Sehnerv in der Peripherie des Sehnerven epithelartig angeordnete Zellen, die unmittelbar in das Pigmentepithel übergehen (Tafel XLIII, Fig. 2). Es sind das offenbar Zellen, die durch die einwachsenden Nervenfasern nicht aus ihrer Lage verschoben worden sind. Die nahe Verwandtschaft zwischen den Gliazellen und Pigmentepithelien wird hier häufig besonders dadurch vor Augen geführt, daß sich an den Übergangsstellen mehrere unpigmentierte Zellen finden, von denen man nicht weiß, ob man sie dem Pigmentepithel oder den Gliazellen zurechnen soll. Ein interessantes Gegenstück liefern dann wiederum jene Fälle, in denen sich das Pigmentepithel bald eine kürzere, bald eine längere Strecke auf den Sehnerven hinüberstreckt.

Bei Föten des 3. Monats scheinen die Nervenfasern in der Peripherie des Sehnerven manchmal direkt an das Mesoderm zu grenzen. Tatsächlich sind sie davon durch die frühzeitig entwickelte gliöse Limitans superficialis getrennt. Aber der periphere Gliamantel ist dort noch nicht entwickelt. Er entwickelt sich an solchen Stellen erst später und zwar verdankt er dann seine Entstehung den von HELD sog. sekundären Gliazellen, die erst nachträglich nach der Optikusperipherie vorrücken, wodurch die zeitweilig kernfreie Peripherie des Sehnerven wieder mit Kernen versehen wird.

Das jüngste Stadium, in dem ich einen faserigen peripheren Gliamantel entwickelt fand, war ein Fötus von 122 mm Länge, aber auch hier war er noch nicht in dem ganzen Umfang des Sehnerven ausgebildet.

Noch später pflegen die sog. Gliaringe (KRÜCKMANN) aufzutreten. Ich habe sie gewöhnlich erst in den letzten Monaten des fötalen Lebens entwickelt gefunden und auch dabei große individuelle Verschiedenheiten festgestellt.

Zum Schlusse soll noch einer Formation der Glia gedacht werden, die ich seinerzeit mit dem nicht ganz korrekten Namen der gliösen Lamina cribrosa bezeichnet habe. Es handelt sich dabei um die Entwicklung von kräftigen gliösen Faserzügen an der Stelle der eigentlichen Lamina cribrosa, die den Sehnerven wie diese senkrecht zu seiner Achse durchsetzen und sich in einem gewissen Entwicklungsstadium (6.—8. Monat) von der übrigen Glia des Sehnerven deutlich abheben. Sie bilden gewissermaßen einen Vorläufer der mesodermalen Lamina, die sich bekanntlich von dem ganzen Mesoderm des Sehnerven zuletzt entwickelt.

Das mesodermale Gewebe des Sehnerven einschl. der Optikusscheiden.

Von der Entwicklung des mesodermalen Stützgewebes im Sehnerven ist bereits in dem Kapitel „das Gefäßsystem des Sehnerven usw." die Rede gewesen und dort betont worden, daß sie mit der Entwicklung der Sehnervengefäße zeitlich zusammenfällt. Die jungen Kapillargefäßsprossen sind gewissermaßen die Schrittmacher des mesodermalen Septengewebes, das nur dort zur Entwicklung gelangt, wo Gefäße sind. Dieses Abhängigkeitsverhältnis des Septengewebes von den Gefäßen läßt sich besonders deutlich in jungen Sehnerven, z. B. von Föten des 3. Monats beobachten, es zeigt sich aber auch noch in älteren Stadien. So sehen wir z. B. auch noch bei einem Fötus des 5. Monats (Tafel XLII, Fig. 1), daß die Grundlage des Septengewebes durchwegs von Gefäßen gebildet wird. KRÜCKMANN hat die Beziehungen der jungen Gefäße zu ihrer Umgebung eingehend geschildert und festgestellt, daß die Gefäße stets durch gliöse Grenzhäutchen (Membranae limitantes perivasculares) von dem nervösen Gewebe des Sehnerven abgesetzt sind.

Zu allerletzt entwickelt sich die mesodermale Lamina cribrosa. Ihre Ausbildung ist selbst noch bei Föten des 6. und 7. Monats sehr unvollkommen und erst bei Neugeborenen als abgeschlossen zu betrachten.

Die Optikusscheiden differenzieren sich ungefähr gleichzeitig mit den hinteren Abschnitten der Sklera aus dem Kopfmesoderm, und zwar lassen sich schon sehr frühzeitig ihre drei Abschnitte, Pia, Arachnoidea und Dura unterscheiden, desgl. ihr Endothel. Fig. 1 auf Tafel XXXV zeigt ein so frühes Stadium der Anlage der Optikusscheiden, während wir uns in den andern Abbildungen der gleichen Tafel nahezu fertigen Zuständen gegenüber befinden.

Die Entstehung der physiologischen Exkavation des Sehnerveneintritts.

Als die Anlage der physiologischen Exkavation des Sehnerveneintritts ist der Rest des okularen Endes der Stielrinne zu betrachten, der nicht von den Nervenfasern ausgefüllt wird. Die Richtigkeit dieser Behauptung dürfte sich aus einem Vergleiche der Figuren 3,



Fig. 62. Sehnerveneintritt eines 30 mm langen Embryos.

Tafel XLII mit Fig. 1, Tafel XLIV und der obenstehenden Fig. 62 ohne weiteres ergeben. Demnach fällt die Entscheidung, ob eine physiologische Exkavation vorhanden sein wird, bereits in früher Zeit, und so habe ich auch schon bei Embryonen von 26—30 mm Länge Einsenkungen der Papillenoberfläche von verschiedener Form und Größe gefunden. Allerdings macht bekanntlich gerade diese Stelle des Sehnerven im weiteren Entwicklungsverlaufe verschiedene wichtige Veränderungen durch. Ich erinnere nur an die Entwicklung und Rückbildung des Gliamantels der Arteria hyaloidea, durch die die Exkavation erst zum Verschwinden gebracht und dann wieder manifest wird. Von Bedeutung für die Form und Aus-

dehnung der Exkavation ist auch die spätere Entwicklung der Zentralvene und des die Zentralvene begleitenden axialen Bindegewebes. (Schaltgewebe — ELSCHNIG.) Auch soll nicht bestritten werden, daß auch noch im extrauterinen Leben beträchtliche Modifikationen der

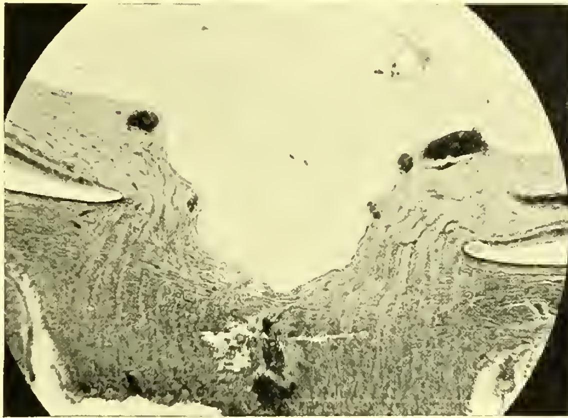


Fig. 63. Sehnerveneintritt eines Neugeborenen.

in jedem Falle angeborenen Exkavation stattfinden können, wofür u. a. die bekannte Tatsache spricht, daß physiologische Exkavationen in myopischen Augen viel häufiger vorkommen als

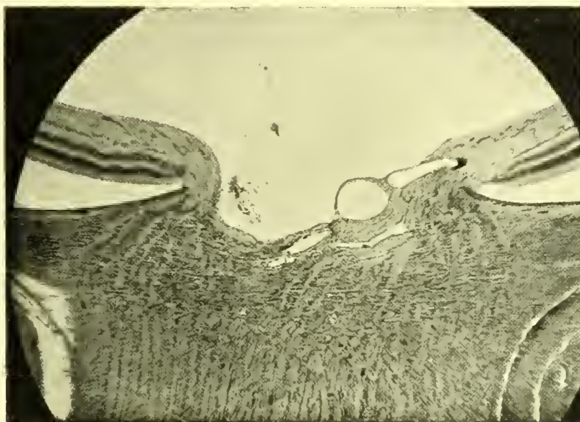


Fig. 64. Sehnerveneintritt eines Neugeborenen.

in hyperopischen. Doch dürften die beigegebenen Figuren 63 und 64 zur Genüge beweisen, daß schon beim Neugeborenen nicht nur verschieden geformte, sondern auch bereits so große physiologische Exkavationen vorkommen können, wie sie selbst in den Augen von Erwachsenen zu den Seltenheiten gehören dürften.

Weitere physiologische Exkavationen in fötalen Augen sind in den Figuren 46—48 (S. 93—95) zu sehen.

Veränderungen der Dicke, Länge und Form des Sehnerven.

Die Dickenveränderungen des embryonalen Sehnerven sind bequem aus den Tafeln XXXVII bis XXXIX abzulesen, da sämtliche Figuren genau in der gleichen Vergrößerung gezeichnet worden sind. Die Figuren zeigen, daß die Dicke des Sehnerven in den ersten Wochen der Entwicklung ständig abnimmt, während die Länge zunimmt. Selbst die reichliche Einsprossung von Nervenfasern führt nicht sofort zu einer Dickenzunahme, da z. B. der Sehnerv eines 19 mm langen Embryos noch dünner ist als der eines 14,5 mm langen Embryos. Sobald aber der Sehnerv ganz von Nervenfasern durchwachsen ist, macht sowohl die Längen- als namentlich auch die Dickenzunahme rasche Fortschritte, um bis zur Geburt anzuhalten.

Der Hauptanteil an der Dickenzunahme ist anfangs ausschließlich auf Rechnung der Nervenfasern zu setzen, wogegen später auch die reichliche Entwicklung der Glia und des Mesoderms eine wichtige Rolle spielt. Maßangaben über die Dicke und Länge des Sehnerven in verschiedenen Stadien sind in meiner mehrfach zitierten Arbeit (1910) enthalten, auf die ich hiermit verweise.

Die Form des Sehnerven ist anfangs geradlinig und kann es auch noch bei etwas älteren Stadien sein. So zeigt z. B. der Sehnerv eines in meinem Besitz befindlichen 180 mm langen Fötus noch einen kerzengeraden Verlauf. Andererseits habe ich bereits bei einem 88 mm langen, sehr gut konservierten Fötus die bekannte S-förmige Krümmung des Sehnerven in beiderseits streng symmetrischer Weise angetroffen. Der Sehnervenquerschnitt ist nach der Entwicklung der Nervenfasern rund. Seine Form vor und während der Entwicklung der Nervenfasern ist aus den Tafeln XXXVII bis XXXIX zu ersehen.

Die Markscheidenbildung des Sehnerven.

Über die Markscheidenbildung im Sehnerven habe ich leider keine eingehenden Untersuchungen anstellen können, weil mein Material für die Erforschung dieses Problems nicht in entsprechender Weise vorbehandelt war. Überhaupt sind wir in dieser Frage mehr wie in mancher andern auf die Zuhilfenahme von tierischem Material angewiesen, da wir uns nur von ihm die erforderlichen Stadien in der genügenden Anzahl und Güte der Konservierung verschaffen können. Zu dieser Ansicht ist nach mühevollen und zeitraubenden Untersuchungen auch C. H. SATTLER (jun.) gekommen, der sich vor Jahren mit der Erforschung dieser Frage beschäftigt hat. Dank dem großen Entgegenkommen des genannten

Kollegen bin ich in die Lage versetzt, die wichtigsten bis jetzt noch unveröffentlichten*) Ergebnisse seiner Forschungen an dieser Stelle bekanntzugeben. C. H. SATTLER berichtet darüber selbst folgendermaßen:

„Meine Befunde an elf menschlichen Föten bezw. Neugeborenen von 27 bis 59 cm Länge (Alter: ca. 5½ bis 10½ Lunarmonat) bestätigen bezüglich des Beginns der Markscheidenentwicklung im nervus und im tractus opticus die Angaben von BERNHEIMER (1889).

Die Markbildung beginnt zentral und schreitet nach der Peripherie zu fort: Beim 25 cm langen Fötus fand ich noch keine Markscheidenbildung, dagegen konnte ich beim 37 cm langen die markhaltigen Nervenfasern vom Traktus schon bis in den allerersten Anfang des nervus opticus verfolgen. Es lassen sich die in der Literatur niedergelegten Tatsachen insoweit ergänzen, als ich bei einem ausgetragenen Neugeborenen von 54 cm Länge reichlich markhaltige Nervenfasern bis an den Eintritt in den Bulbus vorfand.

Die Markreifung kann bedeutenden individuellen Schwankungen unterliegen.

Daß einzelne Faserbündel in ihrer Markscheidenbildung anderen vorangeeilt sind (Annahme von v. GUDDEN, Beobachtung v. WESTPHAL), konnte in den untersuchten Stadien nicht nachgewiesen werden.

Junge Markfasern im 8. Fötalmonat besitzen eine Dicke von weniger als 1 μ, ihre Stärke nimmt allmählich mit dem Alter der Frucht zu; beim Neugeborenen gibt es im nervus opticus noch zartere Fasern als im Traktus. Beim Erwachsenen sind die Fasern durchschnittlich bedeutend dicker. Die Stärke des Markringes ist meist etwa proportional der Faserdicke, doch kommen mitunter auch Ausnahmen von dieser Regel vor.

Mikroskopisch sichtbare Vorgänge bei der Markentwicklung:

Beim Tier: bestes Stadium: Maus von 80 mm Länge, neugeborene Meerschweinchen. Hier sieht man nach lebenswarmer Fixation (Osmium-Sublimat; Müller-Weigert-Pal.) zwischen marklosen Achsenzylindern ganz vereinzelte Fasern, die mit einem zarten Mantel von allerfeinsten Myelinkörnchen umgeben sind, während weiter zentralwärts die Markscheide kompakt ist.

Beim menschlichen Fötus lassen sich ähnliche Bilder gewinnen. Die Markscheide zeigt sich in ihrer ersten Entwicklung aus lauter Tröpfchen zusammengesetzt. Beim Menschen scheint zur Zeit der Markbildung ein größerer Reichtum von Körnchen im Gliagewebe sich zu finden (Weigert-Pal.).

*) Die ausführliche Veröffentlichung erfolgt, wie mir Kollege SATTLER nachträglich mitteilt, in nächster Zeit im Archiv für Ophthalmologie.

Daß das Mark bei seiner Entwicklung zuerst in Form feinster Tröpfchen auftritt, halte ich nicht für ein Kunstprodukt; denn die ausgebildete Markscheide zeigt sich als geschlossener Markmantel; nur bei längerer postmortaler Degeneration löst sich die Markscheide wieder in Körnchen auf.«

SATTLER hat also wie BERNHEIMER (1889) gefunden, daß die Markscheidenbildung vom Zentrum nach der Peripherie fortschreitet, wo sie bald nach der Geburt angelangt ist. Interessant ist auch seine Feststellung, daß die erste Markbildung in Tröpfchenform geschieht. Zu diesem Ergebnis ist vor kurzem auch SCHRÖDER (1910) gekommen, der seine Untersuchungen unter der Leitung eines so erfahrenen Histologen, wie HANS HELD, am Hühnchen angestellt hat. SCHRÖDER hat kurz vor dem Auftreten der ersten Markfasern das Areal eines Nervenfaserbündels von zahlreichen, bei der WEIGERTfärbung schwärzlich gefärbten Körnchen erfüllt gesehen, die sich bei der histochemischen Untersuchung als Lezithin erwiesen. Die Körnchen liegen im Protoplasma der Gliazellen. Die Markbildung setzt nicht im Verlaufe der ganzen Nervenfaser zu gleicher Zeit ein, sondern es bilden sich zunächst einzelne voneinander getrennte Teilstrecken, Segmente, die durch Längenwachstum miteinander konfluieren. Bemerkenswert ist ferner die Tatsache, daß beim Hühnchen die erste Markbildung in der Gegend der Lamina cribrosa stattfindet und von hier nach beiden Richtungen fortschreitet. Indessen umkleidet sich der der Netzhaut zunächst gelegene kürzere Abschnitt später mit Mark als der andere.

Es besteht also ein Widerspruch zwischen den bisherigen Ergebnissen beim Menschen und beim Hühnchen, den SCHRÖDER damit aufzuklären sucht, daß beim Menschen vielleicht zuerst die zentrifugalen Fasern markhaltig werden, beim Hühnchen dagegen die zentripetalen. Meines Erachtens ist jedoch auch mit der Möglichkeit zu rechnen, daß sich der Mensch wie in manchem andern so auch in diesem Punkte anders verhält als das Hühnchen, zumal die Existenz der sogenannten zentrifugalen Nervenfasern bis jetzt ohnehin noch ziemlich hypothetisch ist.

Das Pigmentepithel.

Von R. SEEFELDER.

In meiner Beschreibung der ersten Entwicklung der Netzhaut ist bereits gesagt worden, daß die Anlagen des Pigmentepithels und der Netzhaut zur Zeit des Epithelstadiums in ihrem Aufbau vollkommen übereinstimmen. Sobald jedoch die Einstülpung zur sekundären Augenblase erfolgt ist, heben sich ihre beiden Blätter nicht bloß durch ihre Lage, sondern auch durch ihre verschiedenartige Struktur deutlich voneinander ab. Die Pigmentepithelien sind anfangs durchwegs hohe zylindrische Zellen, deren Kerne kurz vor der Entwicklung des Augenbechers (Tafel L, Figur 1) und unmittelbar nachher 2 bis 3 Reihen bilden und die äußeren zwei Drittel des Epithels einnehmen, während das innere Drittel von ihren Protoplasmafortsätzen gebildet wird. Sämtliche Zellen erstrecken sich durch die ganze Dicke des Epithels. Die Mitosen liegen in der freien, d. h. dem Hohlraum der Augenblase zugekehrten Seite des Pigmentepithels. Die Basalmembran ist anfangs noch nicht entwickelt, vielmehr erstrecken sich von den Epithelien Protoplasmaausläufer in der Richtung des Mesoderms.

Schon gleich nach der Einstülpung zum Augenbecher erscheint das Pigmentepithel jedoch auch an seiner äußeren Seite schärfer begrenzt, doch habe ich eine deutliche kutikulare Basalmembran erst bei einem 14,5 mm langen Embryo gefunden.

Die erste Entwicklung des Pigments erfolgt bei Embryonen von 6,25 bis 7 mm Länge, und zwar habe ich bei meinen früheren Untersuchungen die ersten Pigmentspuren im dorsalen Augenabschnitt etwas abseits vom Umschlagsrande gefunden. Bei der Untersuchung eines später in meinen Besitz gelangten Embryos von 6,5 mm Länge hat sich diese Angabe bestätigt. Die Pigmententwicklung erstreckte sich allerdings auch schon etwas auf die lateralen*) und medialen*) Abschnitte der Augenanlage, jedoch noch nicht auf den ventralen. Der betreffende Embryo war tadellos konserviert, aber leider etwas geschrumpft, worauf das eigenartige Aussehen der Kerne in den Figuren 2 bis 5, Tafel L zurückzuführen ist. Ehe ich das Verhalten des Pigments bei diesem Embryo schildere, schicke ich voraus, daß ich mich bei meinen Untersuchungen bemüht habe, meine Befunde mit den auf breiter Basis beruhenden Mitteilungen A. v. SZILYS über die Entwicklung des Pigments (1911) in Einklang zu bringen.

*) Diese Ausdrücke sind mit Rücksicht auf die spätere Lage des Auges gewählt.

Nach v. SZILY entwickelt sich das Pigment bei allen daraufhin untersuchten Tieren aus dem Chromatin des Zellkerns, von dem es zunächst als farbloser Pigmentträger, sogenanntes Chromidium, in das Cytoplasma gelangt, um später in Pigment umgewandelt zu werden. Die Bildung der Chromidialsubstanz kann nach v. SZILY auf zweierlei Weise erfolgen, einmal durch direkte Abgabe der Substanz aus dem Zellkern, ohne daß die vitale Funktion des Kerns eine Störung erleidet (sogen. produktiver Typus), das andere Mal durch teilweisen oder gänzlichen Zerfall des Kerns (sogen. degenerativer Typus). Die erstere Entstehungsart wurde beim Hühnchen, die letztere bei Säugetierembryonen beobachtet.

Bei meinem 6,5 mm langen Embryo habe ich Folgendes festgestellt: In dem Pigmentepithel kommen unverkennbare Anzeichen einer Kerndegeneration vor. So sehen wir in sämtlichen Figuren (2—5) teils zwischen den Kernen, teils innerhalb des Protoplasmas verschiedene meist rundliche Kerntrümmer, die zum Teil schon ihr Chromatin eingebüßt haben und nur noch an ihren Umrissen als Kernreste zu erkennen sind. Die Kerntrümmer sitzen häufig dem freien Ende eines Kerns auf, das an dieser Stelle eine leichte dellige Vertiefung aufweist. Dies scheint dafür zu sprechen, daß das dem Kern aufsitzende Fragment von ihm abgebröckelt ist, ohne daß der ganze Kern der Degeneration anheim gefallen ist. Ich bemerke noch, daß ich ganz analoge Veränderungen auch in der Netzhaut gefunden habe.

Bestimmte Beziehungen der Kerndegeneration zur Pigmentbildung haben sich jedoch bei meinem Embryo nicht nachweisen lassen. So findet sich zufällig in dem in Figur 2 abgebildeten Bezirke noch kein Pigment, trotzdem hier ein reichlicher Kernzerfall stattgefunden zu haben scheint, während die Pigmententwicklung in Figur 3 reichlicher als irgend wo anders ist, obwohl hier nur wenige degenerative Kernveränderungen zu konstatieren sind.

Die durchwegs runden Pigmentkörnchen liegen zum Teil in der Nähe der Kerne (Fig. 3), zum Teil mitten im Protoplasma. Die überwiegende Mehrzahl von ihnen gehört der freien Zellseite an. Einzelne Körnchen habe ich auch in der basalen Zellseite angetroffen (Fig. 3). Hin und wieder hat es den Anschein, als ob ein Pigmentkörnchen durch einen schmalen Faden mit einem Kern verbunden wäre (Fig. 3), doch sind solche Beobachtungen viel zu spärlich, um daraus irgend welche Schlußfolgerungen ziehen zu können.

Bei einem 8 mm langen Embryo (Fig. 6) ist die Frage nach der Herkunft des Pigments besonders dadurch erschwert, daß es in wesentlich größerer Menge entwickelt und auf das ganze Pigmentepithel ziemlich gleichmäßig verteilt ist. Da außerdem die Zellgrenzen vollkommen verwischt, und die Kerne auch in sehr dünnen Schnitten so dicht gelagert sind, daß sie sich häufig teilweise decken, ist es zumeist ausgeschlossen, zu entscheiden, welchen Zellen die Pigmentkörnchen zuzurechnen sind. Zu beachten ist jedoch, daß schon

in diesem Stadium degenerierende Zellen im Pigmentepithel eine große Seltenheit bilden. Wie die Figur 6 zeigt, ist das Pigment dieses Embryos teils kugelig, teils stäbchenförmig, wobei die beiden Formen sowohl in der freien wie in der basalen Zellseite vorkommen.

Bezw. der Ausbreitung des Pigments in der Richtung des Becherrandes und des Sehnerven kommen ziemlich beträchtliche individuelle Verschiedenheiten vor, so daß einmal ein jüngerer bezw. kürzerer Embryo eine vorgeschrittenere Pigmentierung aufweisen kann als ein älterer. Im allgemeinen kann man jedoch sagen, daß die Pigmentierung bei Embryonen von etwa 10 mm Länge sowohl bis zum Augenbecherrand als bis zum Sehnerven vorgerückt ist.

Die anfangs gleichmäßige Dicke des Pigmentepithels ändert sich bald in der Weise, daß sie etwa vom Äquator bulbi ab in der Richtung nach dem Becherrande zunimmt und nach dem Sehnerven zu abnimmt. So beträgt die Zahl der Kernreihen bei einem 12,7 und 41,5 langen Embryo am Becherrande gegen drei und am hinteren Augenpol ein bis zwei. Die Epithelien des Becherrandes sind auch wesentlich höher als die weiter hinten befindlichen.

Gleichzeitig erfährt auch die Verteilung des Pigments eine bemerkenswerte Änderung. So wandert in der Nähe des Becherrandes die Hauptmasse des Pigments in die freie Zellseite ein, während im hinteren Augenabschnitt sowohl die äußere als auch die innere Zellseite mit Pigment vollgestopft werden, und die Kerngegend fast ganz frei bleibt. Diese Pigmentanordnung ist schon bei 10—12 mm langen Embryonen vorhanden und auch noch bei etwas älteren unverändert (Tafel L, Fig. 7 und 8).

Bei Embryonen von etwa 20 mm Länge ist das Pigmentepithel im hinteren Augenabschnitt einreihig, und bei einem 30 mm langen Embryo nur noch in der nächsten Nähe des Becherrandes mehrreihig. Dieser Abschnitt des Pigmentepithels gehört bekanntlich später zur Iris und zum Corpus ciliare. In den die Entwicklung dieser Organe behandelnden Kapiteln (S. 48 u. ff.) ist auch bereits das Wesentlichste über sein ferneres Schicksal enthalten.

Schon im Vorstehenden ist gesagt worden, daß die Pigmentepithelien zumal im hinteren Abschnitt im Laufe der Zeit immer niedriger werden. Dieser Prozeß nimmt allmählich derartige Dimensionen an, daß die Pigmentepithelzellen von älteren Föten z. B. einem 345 mm langen Fötus geradezu eine endothelähnliche Form besitzen (Tafel L, Fig. 9). Das Zellprotoplasma wird so niedrig, daß die Kerne über das Niveau der Zellen hervorzuragen scheinen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß diese Zellveränderungen mit der Aufgabe des Pigments, einen immer größer werdenden Raum auszutapezieren, im engsten

Zusammenhange stehen und keinen andern Zweck haben können als eine möglichst ausgiebige Oberflächenvergrößerung zu erzielen.

Ihre hohe zylindrische Gestalt erreicht die Pigmentepithelzelle erst wieder nach der Geburt. Dieser Umstand macht es wahrscheinlich, daß die endgültige Erreichung des fertigen Zustandes, das Höherwerden der Zellen und die Wanderung des Pigments in die innere Zellhälfte, unter dem direkten Einflusse des Lichtreizes vor sich gehen.

Die Vermehrung der Pigmentepithelien.

Die Vermehrung der Pigmentepithelien geschieht anfangs wohl ausschließlich auf dem Wege der Mitose. Ich habe auch noch bei einem 88 mm langen Embryo Kernteilungsfiguren gefunden, hier jedoch nur noch in der Gegend des Becherrandes. Später scheint im Pigmentepithel überhaupt keine Mitosenbildung mehr vorzukommen. So fehlten Mitosen auch in solchen Augen, in denen sie in der Netzhaut noch in großer Menge nachzuweisen waren. Es ist also die Frage zu beantworten, wie im weiteren Entwicklungsverlauf die Vermehrung der Pigmentepithelien vor sich geht, nachdem der anfangs geschaffene Vorrat nur kurze Zeit ausreichen kann, um den durch die rasche Vergrößerung des Auges eintretenden großen Bedarf zu decken. Da liegt der Gedanke nahe, daß die indirekte Kernteilung durch die direkte abgelöst wird, zumal erstere nach KOTSCHETOW (1908) bei zahlreichen Säugetieren in großem Maßstabe vorkommen soll.

Folgende eigene Beobachtungen scheinen mir auch für das Vorkommen einer direkten Kernteilung beim Menschen zu sprechen (vgl. Fig. 65): Es sind dies eigenartige Kernveränderungen, die ich vor allem in Flächenpräparaten des Pigmentepithels von Föten des 5. Monats angetroffen habe. Es handelt sich dabei unter anderem um große Verschiedenheiten in der Größe und Form der Kerne, die, wennschon in geringerem Grade, auch die ganze Zelle betreffen. Neben kleinen intensiv gefärbten Kernen (*a*) findet man große und hellere Kerne (*m*), neben rundlichen Kernen ovale (*c*), semmelförmige (*d*) und noch unregelmäßigere Kernformen (*b*), so daß man Mühe hat, zwei in ihrer Größe und Form vollkommen übereinstimmende Zellen herauszufinden. Dazu kommt noch eine so beträchtliche Anzahl von mehrkernigen Zellen, daß z. B. die zweikernigen Zellen fast ebenso zahlreich sind als die einkernigen. Auch drei- und vierkernige Zellen sind nicht allzu selten anzutreffen. Bemerkenswert erscheint hierbei, daß bei den vierkernigen Zellen die Größe der Kerne annähernd übereinstimmt (*g*), während bei den dreikernigen (*l*) ein Zellkern wesentlich größer

ist als die beiden andern. So ergibt sich ein ungemein mannigfaltiges Bild, von dem die gewöhnlichen Meridionalschnitte auch keine annähernde Vorstellung gewähren könnten. Fig. c zeigt, wie mannigfaltig die Zell- und Kernformen selbst innerhalb eines so kleinen Abschnittes sind, wie er hier abgebildet ist.

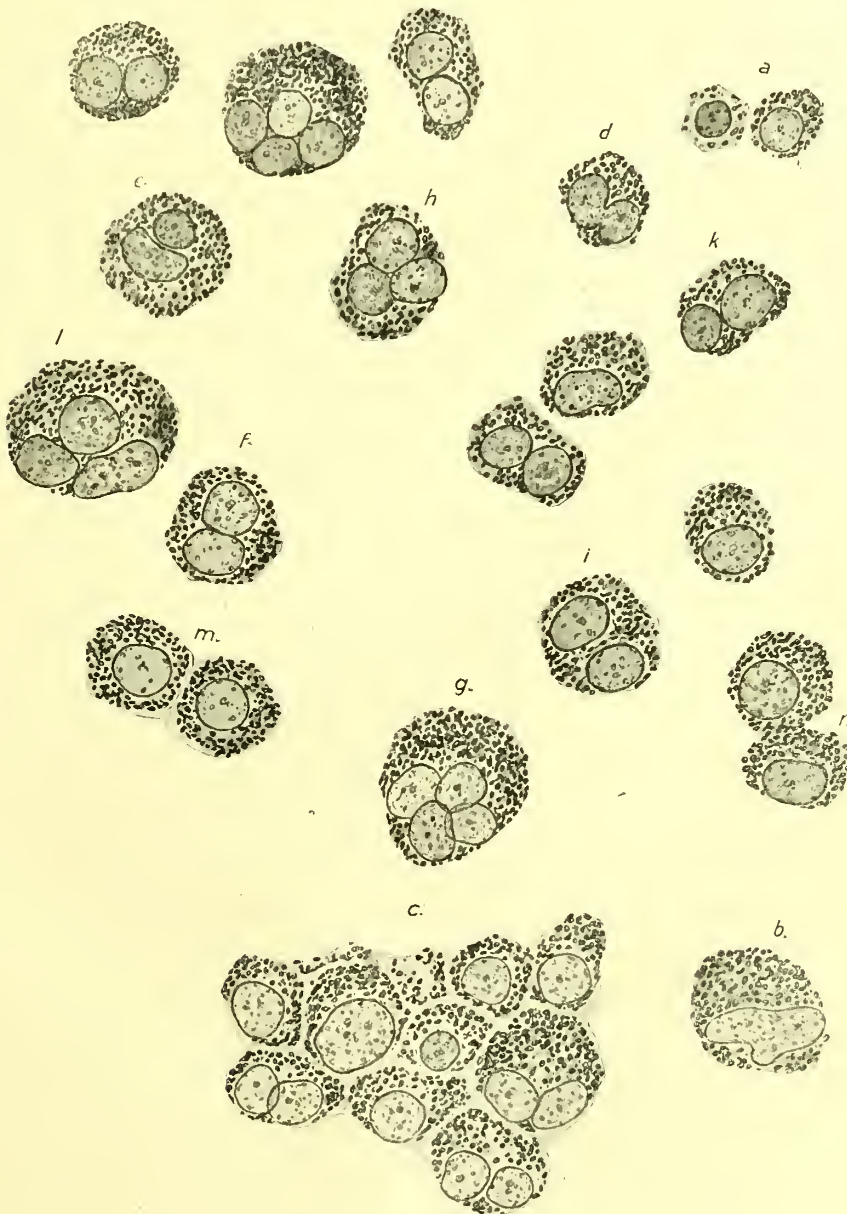


Fig. 65.

Man kann nun allerdings den mehrkernigen Zellen nicht ansehen, auf welche Weise die Teilung der Kerne stattgefunden hat, doch scheinen mir verschiedene Beobachtungen, wie z. B. das Vorhandensein der abnorm großen und abnorm geformten Kerne mehr für eine direkte als für eine indirekte Kernteilung zu sprechen. Aus der Tatsache, daß nach GREEFF (1904) im Auge des Erwachsenen zweikernige Pigmentepithelien zu den Seltenheiten gehören, darf wohl ferner der Schluß gezogen werden, daß bei den meisten mehrkernigen Zellen noch eine vollkommene Zellteilung erfolgt wäre. Darauf lassen auch verschiedene Befunde an den Zellen schließen, so z. B. die Tatsache, daß die Abstände der Kerne in den zwei- und mehrkernigen Zellen sehr verschieden gefunden werden, so daß man fast alle Übergänge bis zur vollständigen Zelltrennung verfolgen kann. So scheint *n* von *m*, *i* von *n*, *k* von *i* und *f* von *k* ein Vorläufer zu sein. Doch braucht es auch nicht notwendig stets zur Zellteilung zu kommen, weil ja auch schon durch die beträchtliche Größe der mehrkernigen Zellen allein eine entsprechende Oberflächenvergrößerung des Pigmentepithels gewährleistet wird.

Tafel I.

Die Augengrube und Augenblase
bei Embryonen von 2½—3½ mm Länge.
Alter ungefähr 15.—20. Tag.

Tafel I.

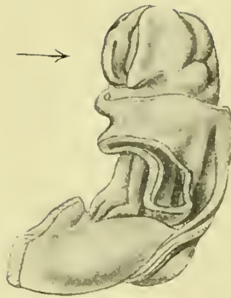




Fig. 1. Querschnitt durch den nebenstehenden etwa 2,6 mm langen Embryo Pfannenstiel III. K.N.T.*) 6. Taf. 2. V. Vergr. 100 : 1. *au* = Augen- oder Sehgrube, *med* = Medullarrohr**).

Fig. 2. Querschnitt durch einen etwa 3 Wochen alten, 3—3,5 mm langen Embryo. Nach J. L. BREMER, American Journal of Anatomy. Vol. V. p. 461, Fig. 5. Vergr. 100 : 1. *au* = Augen- oder Sehgrube, *med* = Medullarrohr.

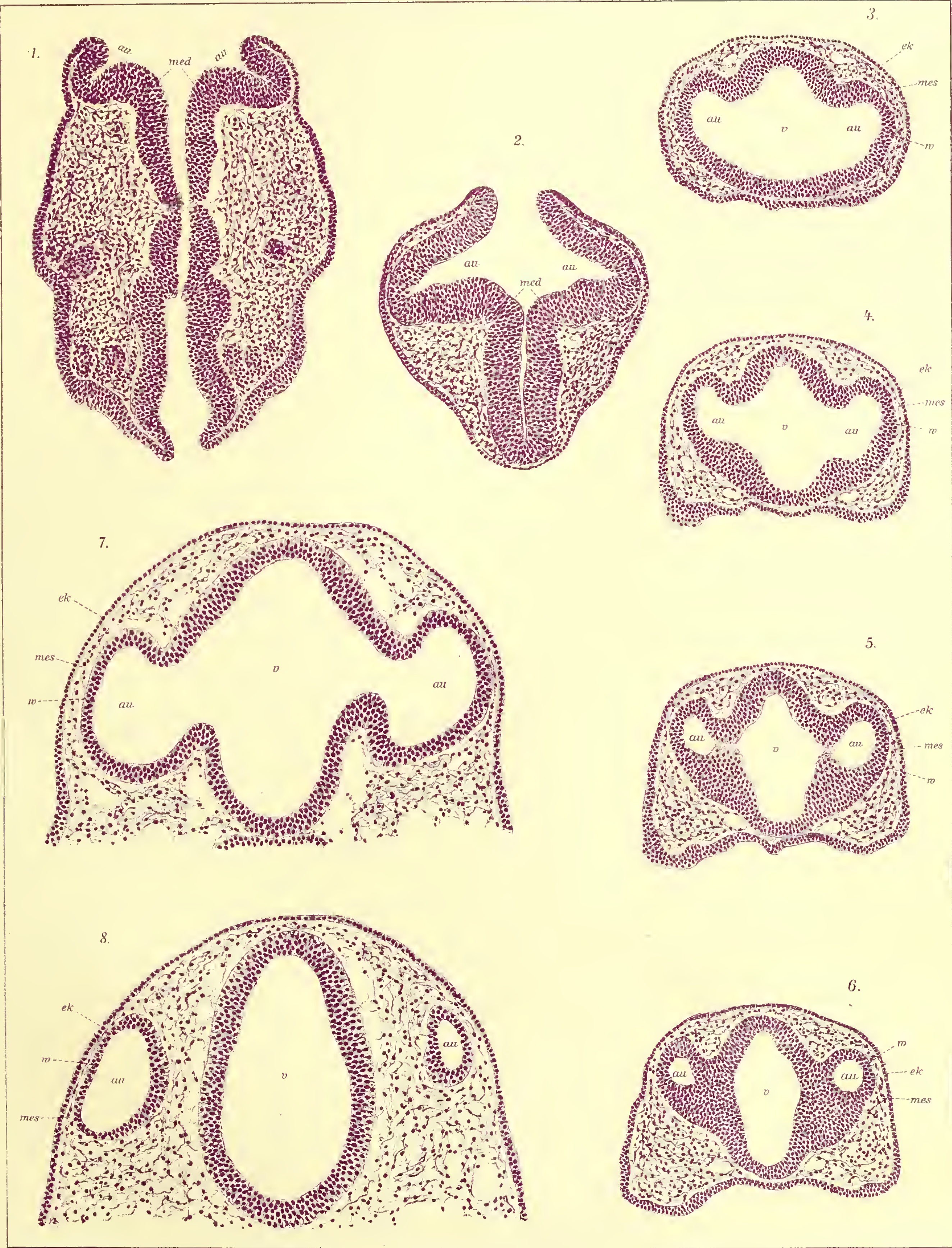
Fig. 3—6. Querschnitte durch einen Embryo von etwa 3 mm Körperlänge. Im Besitz von ROB. MEYER in Berlin. Nr. 300. K.N.T. 7. Vergr. 100 : 1. Schnitt 3 liegt am weitesten rostral und geht durch die Mitte der Augenblase. *au* = Augenblase, *v* = Vorderhirn, *ek* = Ektoderm, *mes* = Mesoderm, *w* = Wand der Augenblase.

Fig. 7 und 8. Querschnitte durch den nebenstehenden 3,7 mm langen Embryo. Sammlung des Berliner Anatomisch-Biologischen Instituts (O. HERTWIG). K.N.T. 8. Vergr. 100 : 1. Schnitt 7 geht ungefähr durch die Mitte der Augenblase und liegt weiter rostral als Schnitt 8. Die Form der Augenblase ist bei der Konservierung etwas verändert. *au* = Augenblase, *v* = Vorderhirn, *ek* = Ektoderm, *mes* — Mesoderm, *w* = Wand der Augenblase.

---

*) KEIBELS Normentafeln zur Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Verlag von G. FISCHER in Jena, 1908.

**) Die Schnittrichtungen sind durch die Pfeile der Begleitfiguren markiert.



A. Kirchner gez. u. lith.

Druck v. M. Neubauer, Leipzig.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Tafel II.

Augenblase und Linsenplatte bei Embryonen von 4—4,9 mm Länge.

Alter: Beginn der 3. bis Beginn der 4. Woche.

Tafel II.

Fig. 1 und 2. Querschnitt durch den Vorderkopf eines Embryo von 4 mm größter Länge. Im Besitz von E. GASSER (Marburg) und H. STRAHL (Gießen). K.N.T. 10. Vergr. 50 : 1. Schnitt 1 liegt mehr rostal als Schnitt 2. *ek* = Ektoderm, *mes* = Mesoderm, *w* = Wand der Augenblase, *au* = Augenblase (Sehventrikel), *v* = Vorderhirn.

Fig. 2*a*. Schnitt durch einen Teil der distalen Wand der Augenblase, das gegenüberliegende Ektoderm und das dazwischenliegende Mesoderm desselben Embryo. Vergr. 200 : 1. Bezeichnungen wie bei 1 und 2, *d* = distale Wand der Augenblase.

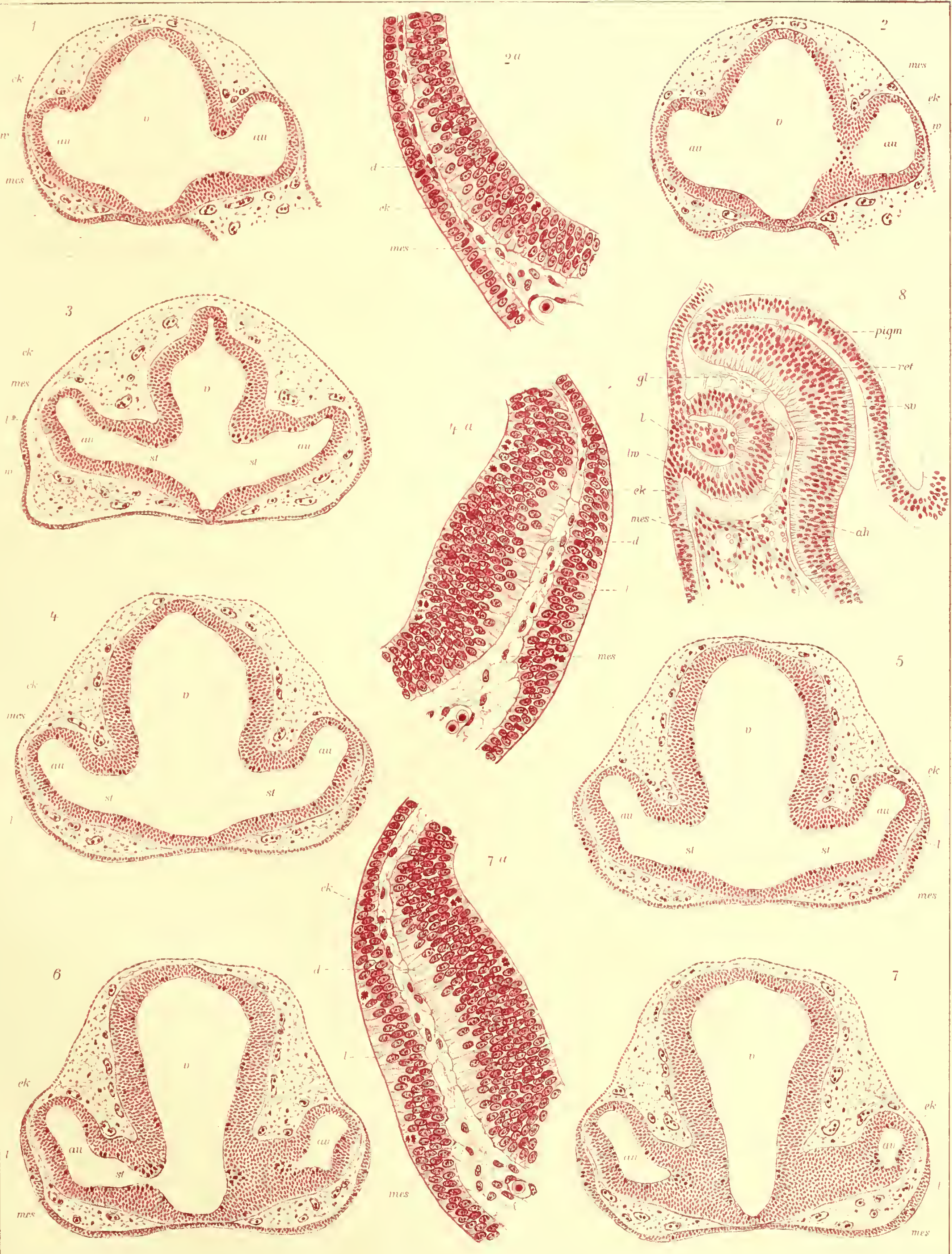
Fig. 3. Querschnitt durch den Vorderkopf eines Embryo von 4,75 mm größter Länge. Im Besitz von ROB. MEYER in Berlin. Nr. 328. Vergr. 50 : 1. Form der Augenblase und Abstand des Ektoderms von der distalen Wand der Augenblase bei der Konservierung verändert. *ek* = Ektoderm, *mes* = Mesoderm, *w* = Wand der Augenblase, *l* = Linsenplatte, *au* = Augenblase, *st* = Sehstiel, *v* = Vorderhirn.



Fig. 4—7. Querschnitt durch den Vorderkopf des nebenstehenden Embryo von 4,9 mm Scheitel-Steißlänge. Im Besitz des Anatomisch-Biologischen Instituts zu Berlin (O. HERTWIG). K.N.T. 14. Vergr. 50 : 1. Schnitt 4 liegt am weitesten rostral, Schnitt 7 am weitesten kaudal. In Schnitt 6 und 7 sind die Wände des Sehstiels teilweise flächenhaft getroffen. Bezeichnungen wie bei Fig. 3.

Fig. 4*a* und 7*a*. Schnitte durch die Linsenplatte, die gegenüberliegende distale Wand der Augenblase und das dazwischenliegende Mesoderm der Fig. 4 und 7. Vergr. 200 : 1. Bezeichnungen: *ek* = Ektoderm, *l* = Linsenplatte, *mes* = Mesoderm, *d* = distale Wand der Augenblase.

Fig. 8. Nachträglich eingefügter Frontalschnitt durch das Auge eines Embryo von 6—7 mm größter Länge. Im Besitz von E. GASSER in Marburg und H. STRAHL in Gießen. Gehört dem Alter nach Tafel IV. Der Schnitt geht ungefähr durch die Mitte des Linsenbläschens, in welches eine Epithellippe vorspringt, und durch die Augenbecherspalte. Vergr. 200 : 1. Bezeichnungen: *ek* = Ektoderm, *mes* = Mesoderm, *gl* = Glaskörper, *ah* = Arteria hyaloidea, *lu* = Lumen des Linsenbläschens, *lw* = Linsenwand, *sv* = Sehventrikel, *ret* = Retinalblatt des Augenbechers, *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers.



A. Kirchner gez. u. lith.
Druck v. M. Rommel, Leipzig
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Tafel III.

Linsengrube und Beginn der Umbildung
der Augenblase in den Augenbecher
bei Embryonen von 5—6,75 mm Länge.
Alter: Anfang—Ende der 4. Embryonalwoche.

Tafel III.

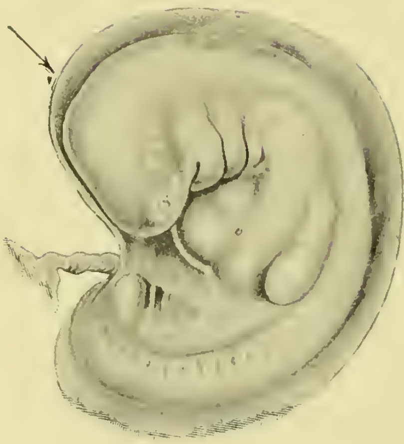
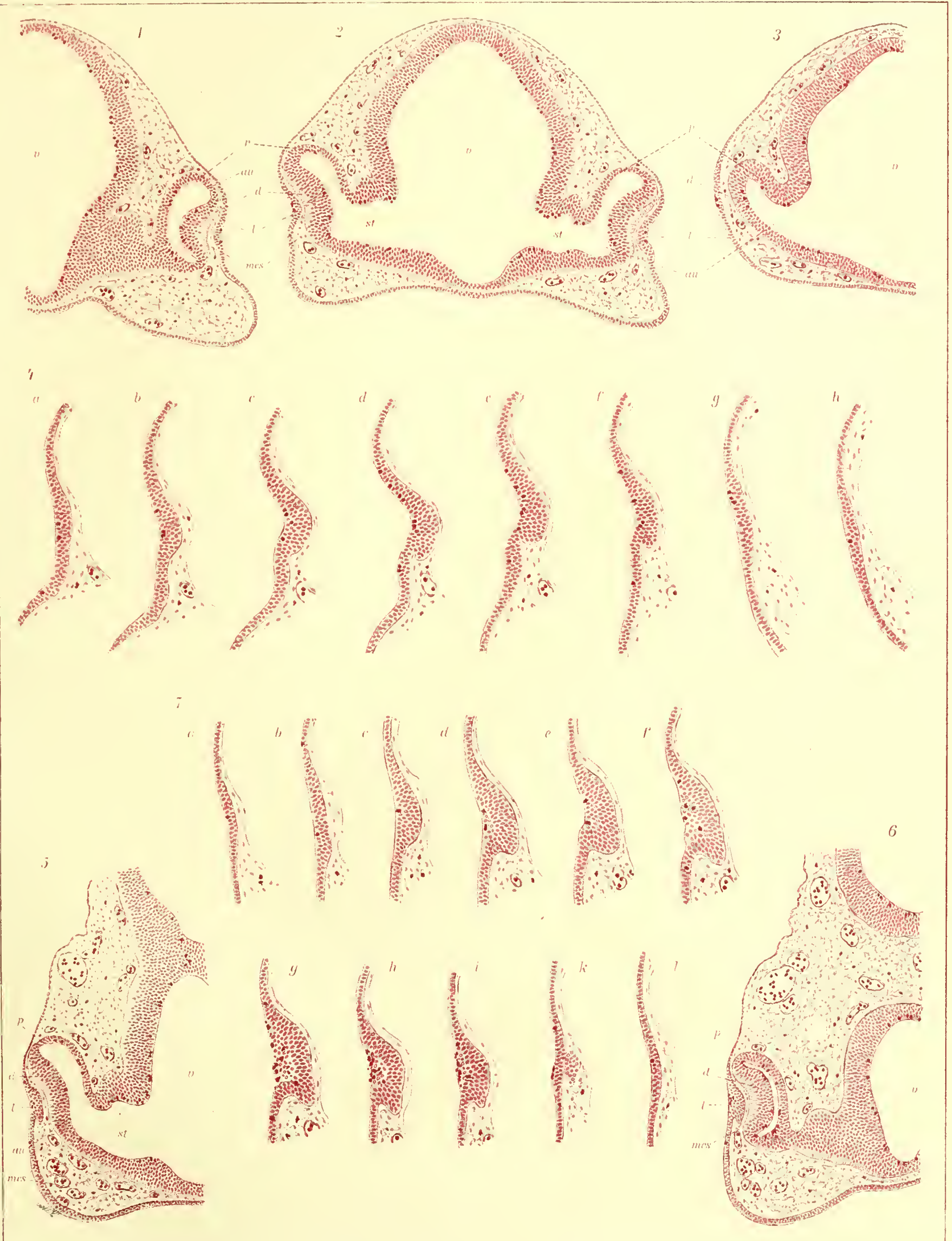


Fig. 1—3. Querschnitte durch den Vorderkopf des nebenstehenden Embryo von 5 mm Scheitel-Steißlänge. Im Besitz von ROB. MEYER in Berlin. Nr. 318. Vergr. 50 : 1. Schnitt 1 liegt am weitesten kaudal. *au* = Augenblase, *d* = deren distale Wand, *p* = proximale Wand, *l* = Linsenplatte, *st* = Sehstiel, *v* = Vorderhirn, *mes* = Mesoderm.

Fig. 4*a*—*h* stellen bei einer Vergr. von 100 : 1 die Verhältnisse der Linsenplatte (Linsengrube) des vorstehenden Embryo von einem Rande zum andern dar.

Fig. 5 und 6. Die Hälfte von Querschnitten durch den Vorderkopf eines Embryo von 6,75 mm größter Länge. Im Besitz von E. GASSER und H. STRAHL. Vergr. 50 : 1. Bezeichnungen wie bei Fig. 1—3.

Fig. 7*a*—*l* stellen die Linsenplatte (Linsengrube) des vorstehenden Embryo von einem Rande zum andern dar. Vergr. 100 : 1.



A. Kirchner gez. u. lith.
Druck v. M. Neubauer, Leipzig.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.

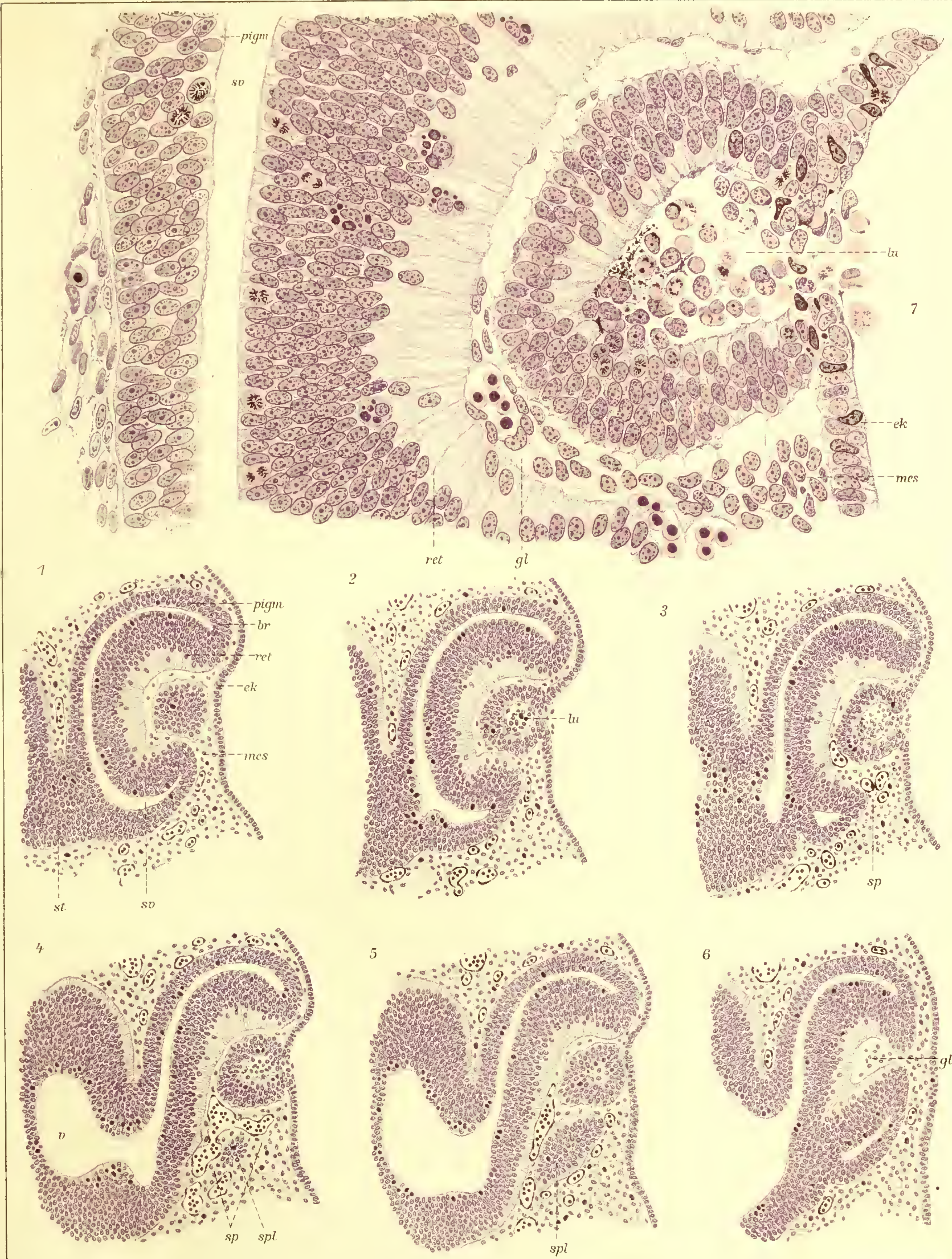
Tafel IV.

Augenbecher und Linsensäckchen
bei einem Embryo von 6 mm Länge.
Alter: 26 Tage.

Tafel IV.

Fig. 1—6. Querschnitte durch ein Auge des 6 mm langen Embryo Schäffer-Braus im Besitz von BRAUS in Heidelberg. Siehe das Modell Textfig. 9. Vergr. 100 : 1. Schnitt 1 trifft eine Randzone der Linse, Schnitt 6 liegt jenseits des entgegengesetzten Linsenrandes. Schnitt 4 trifft die Becherspalte nahezu in ganzer Ausdehnung. *ek* = Ektoderm, *mes* = Mesoderm, *lu* = Lumen des Linsensäckchens, *ret* = Retinalblatt des Augenbechers, *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers, *sv* = Sehventrikel, *st* = Sehstiel, *sp* = Augenbecherspalte, *br* = Becherrand, *spl* = Augenbecherspaltenlippe, *gl* = Glaskörper, *v* = Vorderhirn.

Fig. 7. Linsensäckchen, Glaskörperraum, ein Teil des Retinalblattes und des Pigmentblattes des Augenbechers der Fig. 3 der gleichen Tafel bei 400facher Vergrößerung. Bezeichnung wie Fig. 1—6.



A. Kirchner gez. u. lith.
Druck v. M. Neubauer, Leipzig.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Tafel V.

Augenbecher, Linsenbläschen, Linsenporus, Perilentikulärer Faserfilz bei einem Embryo von 6,5 mm Nacken-Steißlänge.
Alter: Ende der 4. Woche.

Tafel V.

Sämtliche Figuren dieser Tafel beziehen sich auf den durch Dr. Reuter-Hamburg in den Besitz von E. Gasser und H. Strahl gekommenen Embryo Leyding. Nacken-Steißlänge am fixierten Objekt gemessen: 6,5 mm.

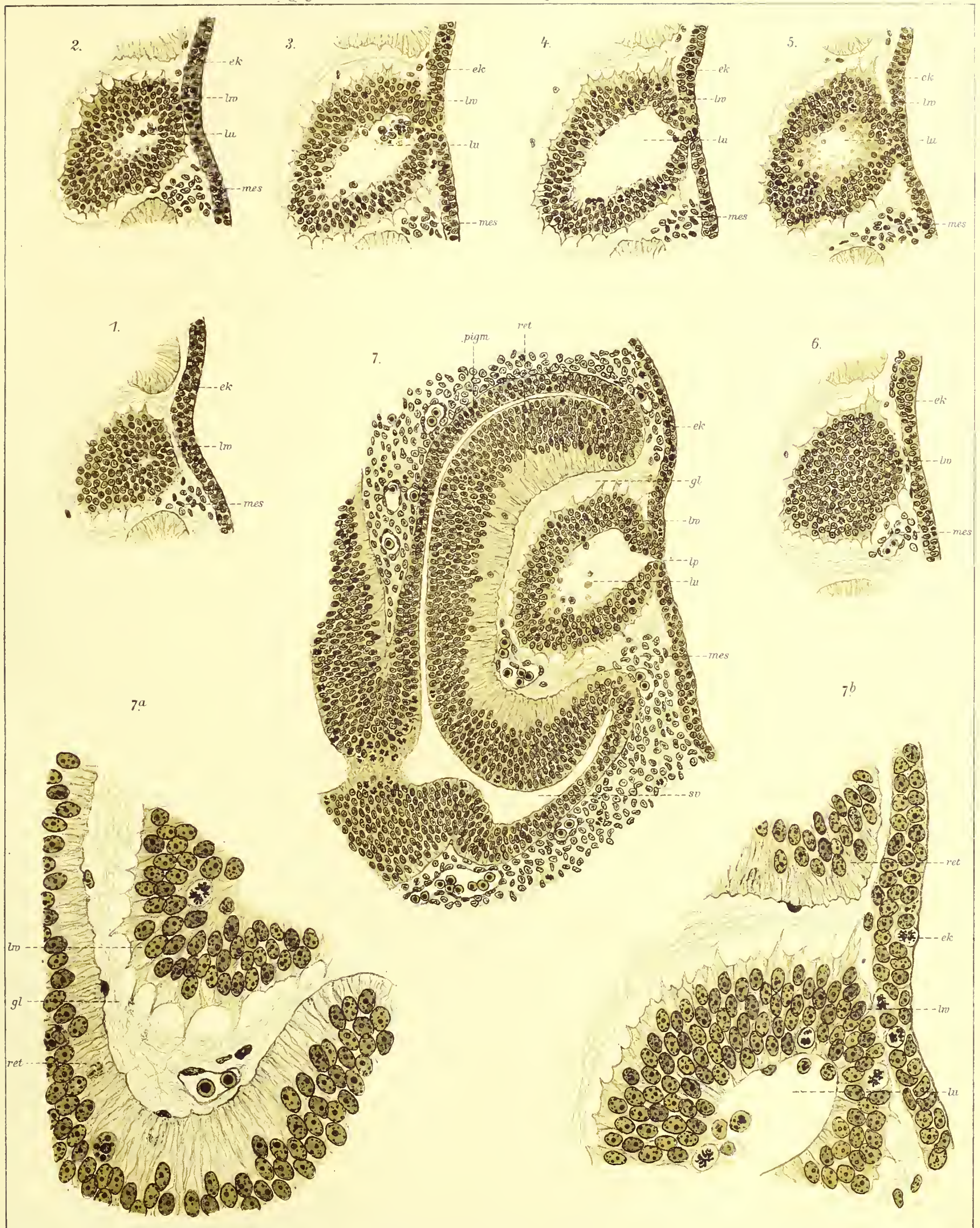


Fig. 1—6 stellen Schnitte durch das Linsensäckchen von einem Rande zum andern dar. Vergr. 200 : 1. *ek* = Ektoderm, *lu* = Lumen des Linsenbläschens, *lw* = Wand des Linsenbläschens, *mes* = Mesoderm.

Fig. 7. Schnitt durch die ganze Augenanlage. Vergr. 200 : 1. *ek* = Ektoderm, *mes* = Mesoderm, *lu* = Lumen des Linsenbläschens, *lw* = Wand des Linsenbläschens, *lp* = Linsenporus, *gl* = Glaskörper, *ret* = Retinalblatt des Augenbechers, *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers, *sv* = Sehventrikel.

Fig. 7*a*. Schnitt durch einen Teil der proximalen Linsenwand, den angrenzenden Glaskörperraum und den inneren Abschnitt des Retinalblattes des Augenbechers. Vergr. 500 : 1. Bezeichnungen wie in Fig. 7.

Fig. 7*b*. Schnitt durch einen Teil der dorso-distalen Linsenwand, das angrenzende Ektoderm und einen kleinen Abschnitt des angrenzenden Retinalblattes des Augenbechers. Vergr. 500 : 1. Bezeichnungen wie in Fig. 7.



A. Kirchner gez.u.lith.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Tafel VI.

In Abschnürung begriffenes Linsenbläschen. Länge des Embryo 8 mm. Alter: Ungefähr 29 Tage.

Tafel VI.

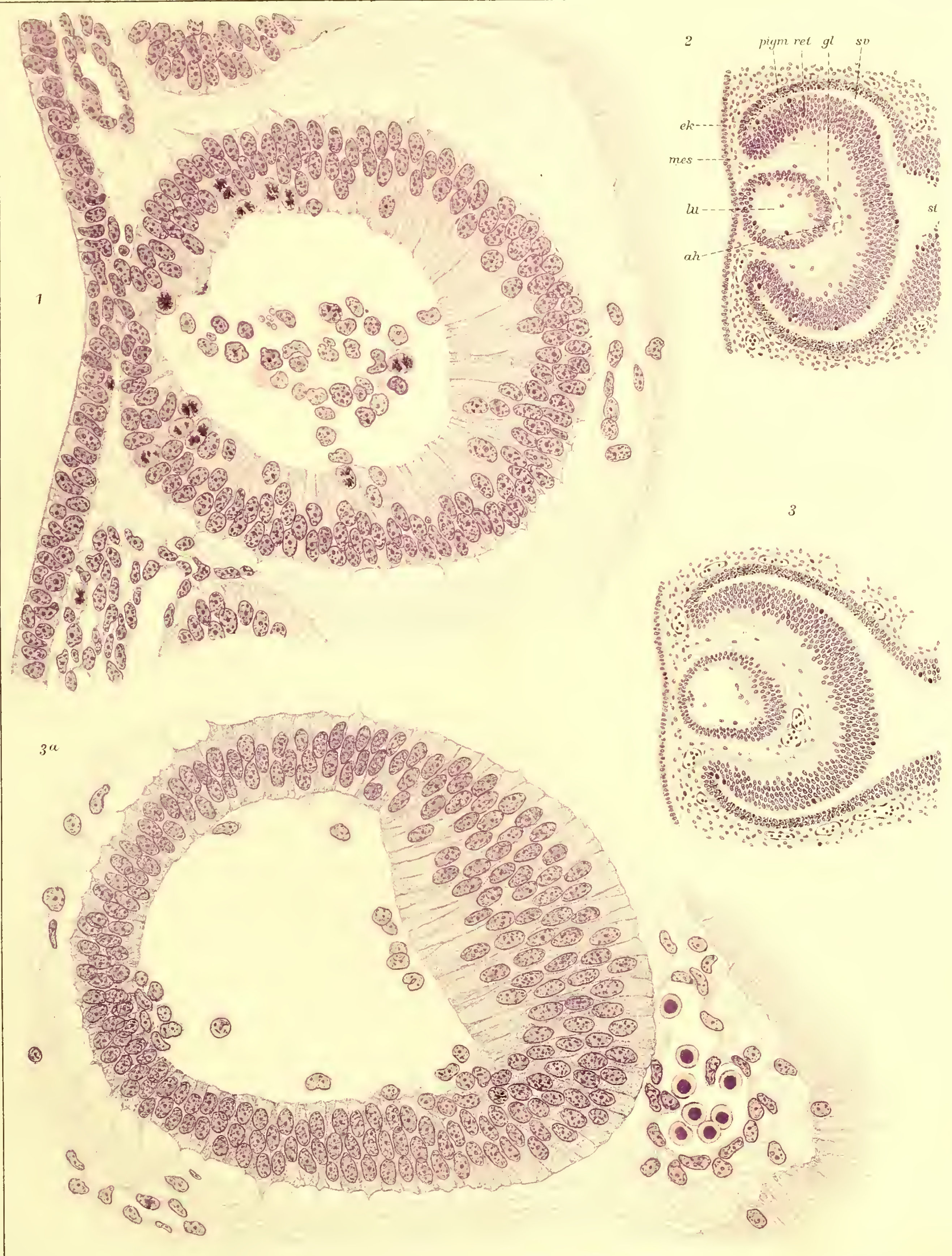
Die Figuren der Tafel VI beziehen sich auf einen etwa 8 mm langen Embryo, dessen Besitz ich SOBOTTA in Würzburg verdanke.



Fig. 1. Schnitt durch das eben in Abschnürung begriffene Linsenbläschen und dessen nächste Umgebung. Im Innern des Linsenbläschens zahlreiche z. T. in Degeneration begriffene Zellen. Vergr. 500 : 1. Weitere Erklärung siehe Fig. 2.

Fig. 2 und 3. Querschnitte durch die ganze Augenanlage. Vergr. 180 : 1. *ek* = Ektoderm, *mes* = Mesoderm, *lu* = Lumen des Linsensäckchens, *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers, *rct* = Retinalblatt des Augenbechers, *sv* = Sehventrikel, *st* = Sehstiel, *ah* = Arteria hyaloidea, *gl* = Glaskörper.

Fig. 3*a*. Stärkere Vergrößerung (500 : 1) der Linse und Umgebung der Fig. 3. Die Verdickung der hinteren Linsenwand, das sog. Linsenpolster tritt deutlich in die Erscheinung.



A. Kirchner gez. u. lith.
Druck v. M. Neubauer, Leipzig.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.



Tafel VII.

Augenbecherspalte und Einkerbung des Becherrandes. Länge des einen Embryo 5 mm, des andern Embryo 8,3 mm. Alter: 24 Tage und 4 Wochen.

Tafel VII.

Fig. 1 und 2. Äquatorialschnitte durch die Augenanlage (Augenbecher) eines im Besitze von SEEFELDER befindlichen 5 mm (!) langen Embryo. Schnitt 2 geht ungefähr durch die Mitte des Augenbechers. Schnitt 1 liegt distal davon, also näher dem Becherrande. Vergr. etwa 100 : 1. Bezeichnungen: *ah* = Arteria hyaloidea, *sp* = Becherspalte, *ra* = Äste der Ringarterie, *gl* = Glaskörper, *ret* = Retinalblatt des Augenbechers, *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers, *sv* = Sehventrikel, *lw* = Linsenwand.

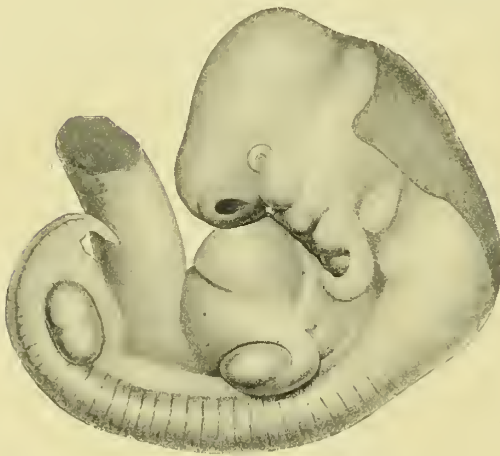
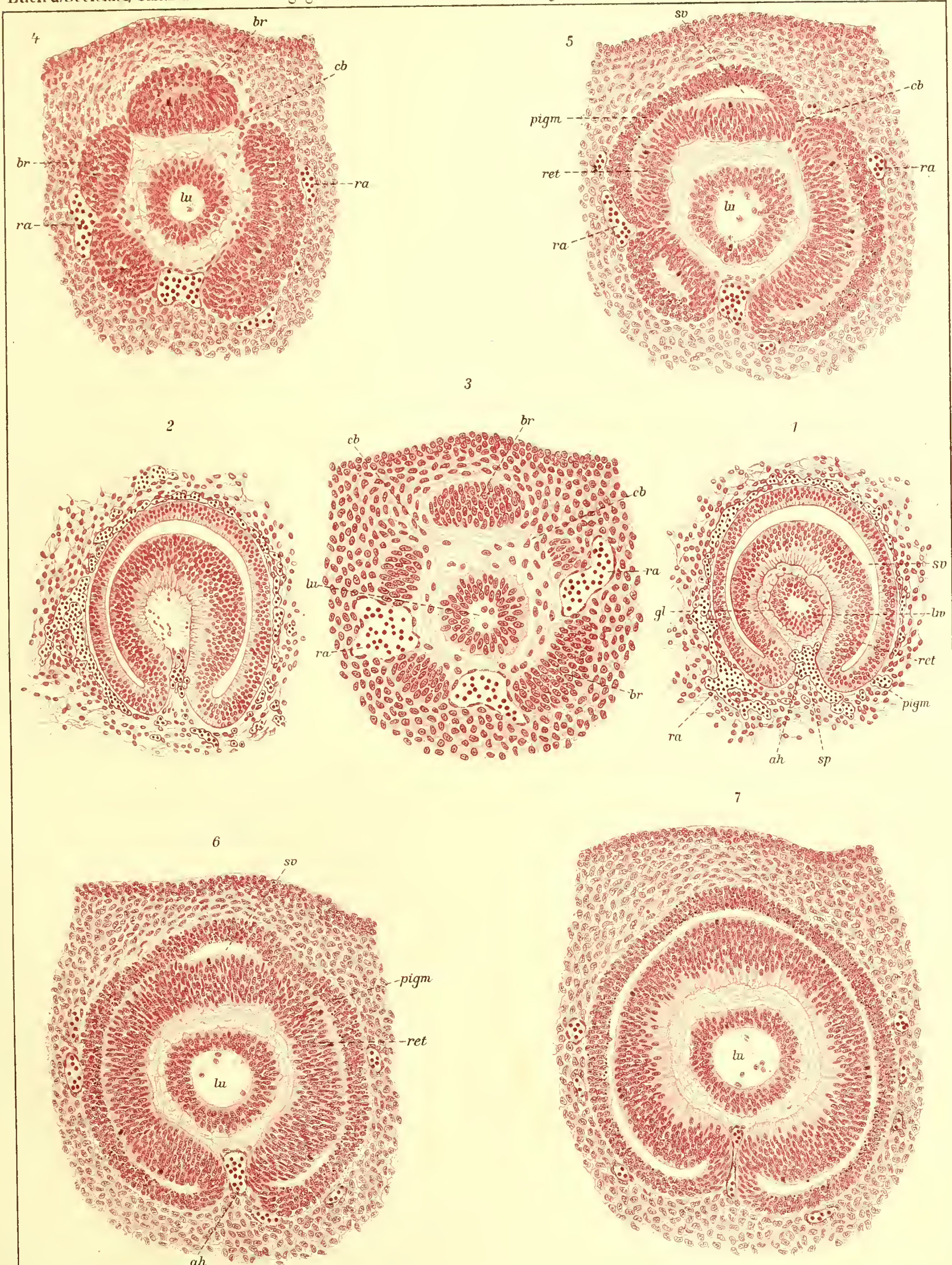


Fig. 3—7. Äquatorialschnitte durch verschiedene Abschnitte der Augenanlage des nebenstehenden im Besitze von RABL in Leipzig befindlichen 8,3 mm langen Embryo. Vergr. 100 : 1. Anordnung der Schnitte vom Augenbecherrand nach dem Sehstiel zu. *cb* = Colobom des Becherrandes, *ra* = Ringarterie, *br* = Becherrand, *ah* = Arteria hyaloidea im Bereich der Augenbecherspalte, *ret* = Retinalblatt des Augenbechers, *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers, *sv* = Sehventrikel, *lu* = Lumen des Linsenbläschens.



A. Kirchner gez. u. lith.
Druck v. M. Neubauer Leipzig.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Tafel VIII.

In der Mitte geschlossene, vorn und hinten noch offene Augenbecherspalte. Länge des Embryo $8\frac{1}{2}$ mm; Alter: Ende der 4. Woche.

Tafel VIII.

Sämtliche Figuren der Tafel VIII beziehen sich auf den 8,5 mm langen, im Besitz von ROBERT MEYER in Berlin befindlichen Embryo Nr. 324. Fig. 1—6 Vergr. 100 : 1; Fig. 7 Vergr. 50 : 1. Sie stellen fast in die Richtung der Becherspalte fallende Schnitte dar. Ausgewählte Einzelschnitte aus der Serie.



Fig. 1. Die Augenbecherspalte ist vorn noch nicht ganz geschlossen.

Fig. 2. Die Augenbecherspalte ist vorn und hinten noch offen. Ihre Öffnung wird hinten ausgefüllt von der Arteria hyaloidea, die sich nach vorn zum Bulbus hyaloideus erweitert.

Fig. 3. Die Becherspalte klafft hinten noch etwas mehr. Wir sehen sehr schön die Verbindung der Arteria hyaloidea mit der Ringarterie.

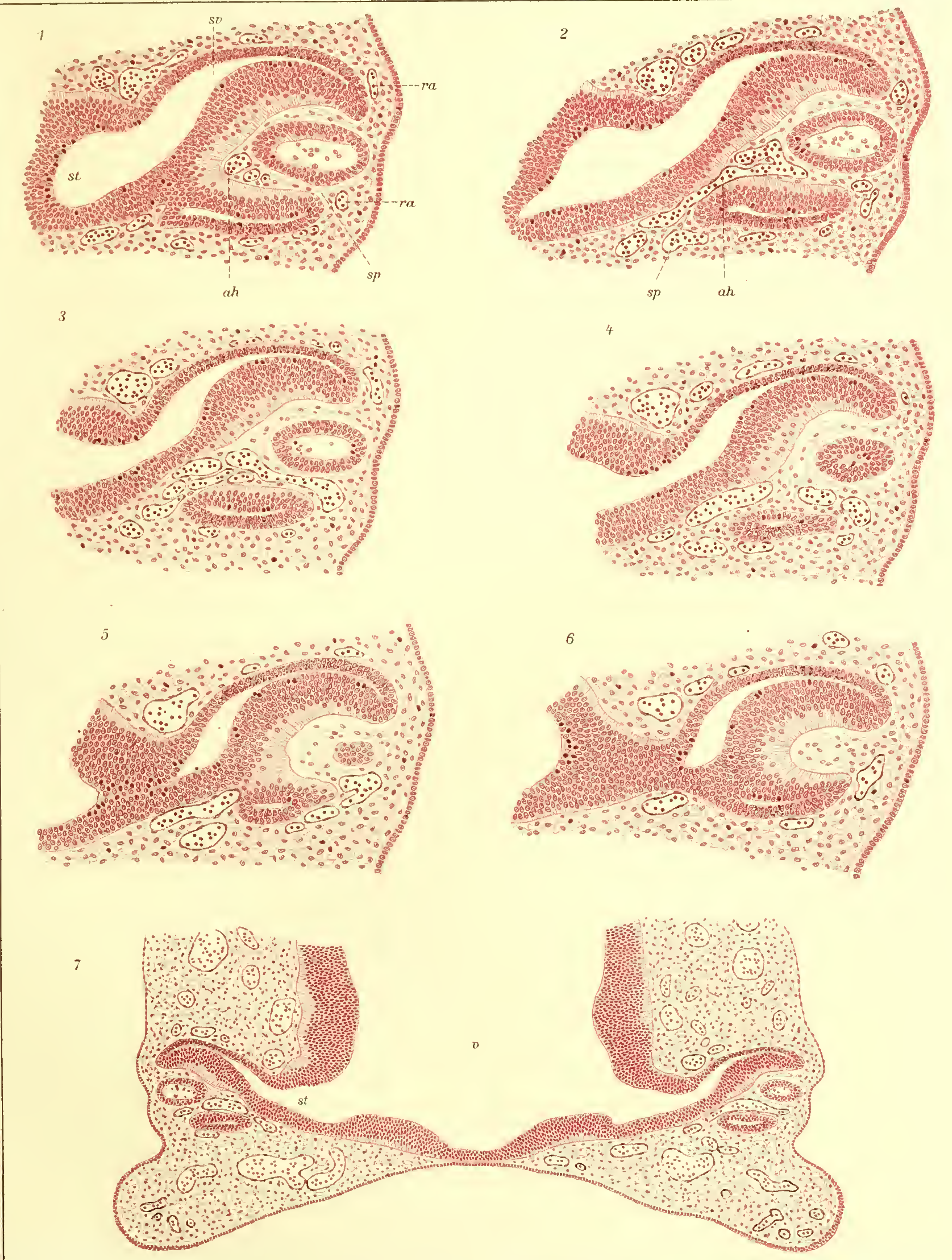
Fig. 4. Die Becherspalte klafft vorn und hinten weit.

Fig. 5. Becherspalte vorn noch offen, hinten fast geschlossen.

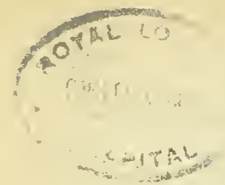
Fig. 6. Schnitt seitlich der Linse und fast ganz außerhalb des Bezirkes der Becherspalte.

Fig. 7. Nahezu symmetrisch gelegener Querschnitt durch die beiderseitigen Augenbecher im Bereich der Becherspalte.

st = Sehstiel, *sv* = Sehventrikel, *ah* = Arteria hyaloida, *sp* = Augenbecherspalte, *ra* = Ringarterie, *v* = Vorderhirn.



A. Kirchner gez. u. lith.
Druck v. M. Neubauer, Leipzig.
Verlag v. **Wilhelm Engelmann** in Leipzig.



Tafel IX.

1. Serie durch das kurz vor der Abschnürung stehende Linsenbläschen. Länge des Embryo 6,5 mm; Alter: 26 Tage.

2. Fast vollständig geschlossene Augenbecherspalte. Länge des Embryo etwa 9 mm; Alter 29 Tage.

Tafel IX.

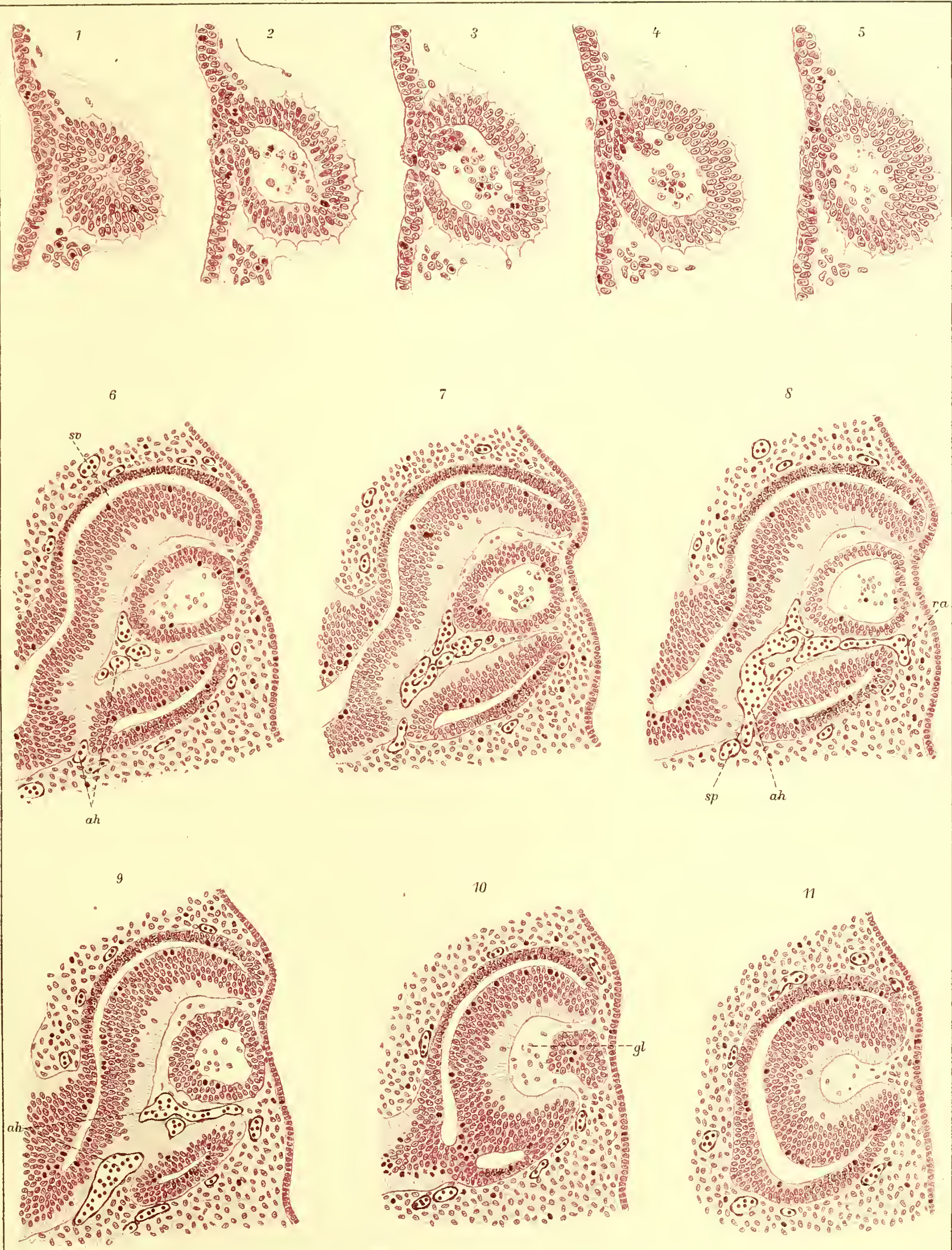
Fig. 1—5 stellen Schnitte durch die Linse von einem Rande bis nahe zum andern Rande dar. Sie stammen von dem 6,5 mm langen, im Besitz von KALLIUS in Greifswald befindlichen Embryo Gaylord. Vergr. 200 : 1. Schnitt 2—4 erregen besonders wegen der Vorgänge bei der Abschnürung des Bläschens Interesse. In Fig. 3 sehen wir vom oberen Rande der Abschnürungsstelle eine Epithellippe in das Lumen des Bläschens vorspringen. Hierher gehört auch Fig. 8, Tafel II.

Fig. 6—11 beziehen sich auf den etwa 9 mm langen, im Besitz von ROB. MEYER befindlichen Embryo Nr. 304. Es handelt sich um ausgewählte Schnitte etwas schräg durch die größtenteils geschlossene Augenbecherspalte des linken Auges. Vergr. 100 : 1.

Fig. 6 und 7. Die Becherspalte ist in beiden Figuren vorn noch etwas offen, hinten nur angedeutet.

Fig. 8. Die Spalte ist vorn etwas weiter, hinten ganz offen. Man sieht die Verbindungsgefäße der Arteria hyaloidea zur Ringarterie.

ra = Ringarterie, *sv* = Sehventrikel, *gl* = Glaskörper, *ah* = Arteria hyaloidea, *sp* = Becherspalte.



A. Kirchner gez. u. lith.
Druck v. M. Neubauer, Leipzig.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.



Tafel X.

Einkerbung des Augenbecherrandes.
Fast vollständig geschlossene Augenbecherspalte. Länge des Embryo etwa 9 mm;
Alter: Beginn der 5. Woche.

Tafel X.

Alle Figuren der Tafel X beziehen sich gleichfalls auf den im Besitze von ROB. MEYER in Berlin befindlichen Embryo Nr. 304 von etwa 9 mm Körperlänge. Rechtes Auge. Es handelt sich um ausgewählte Schnitte, die etwas schräger durch die Becherspalte gehen als die Schnitte des linken Auges (Tafel IX). Schnitt 1 geht ungefähr durch die Mitte des Linsenbläschens, Schnitt 4 durch den ventro-kaudalen Rand der Linse, Schnitte 6—8 fallen außerhalb der Linse. Fig. 1—4, 6—9 Vergr. 100 : 1. Fig. 5 Vergr. 200 : 1.

Fig. 2. Schnitt durch den dorsalen Rand des in Fig. 3 zwischen den beiden Spaltbildungen (*cb* und *sp*) liegenden Augenbecherrandes.

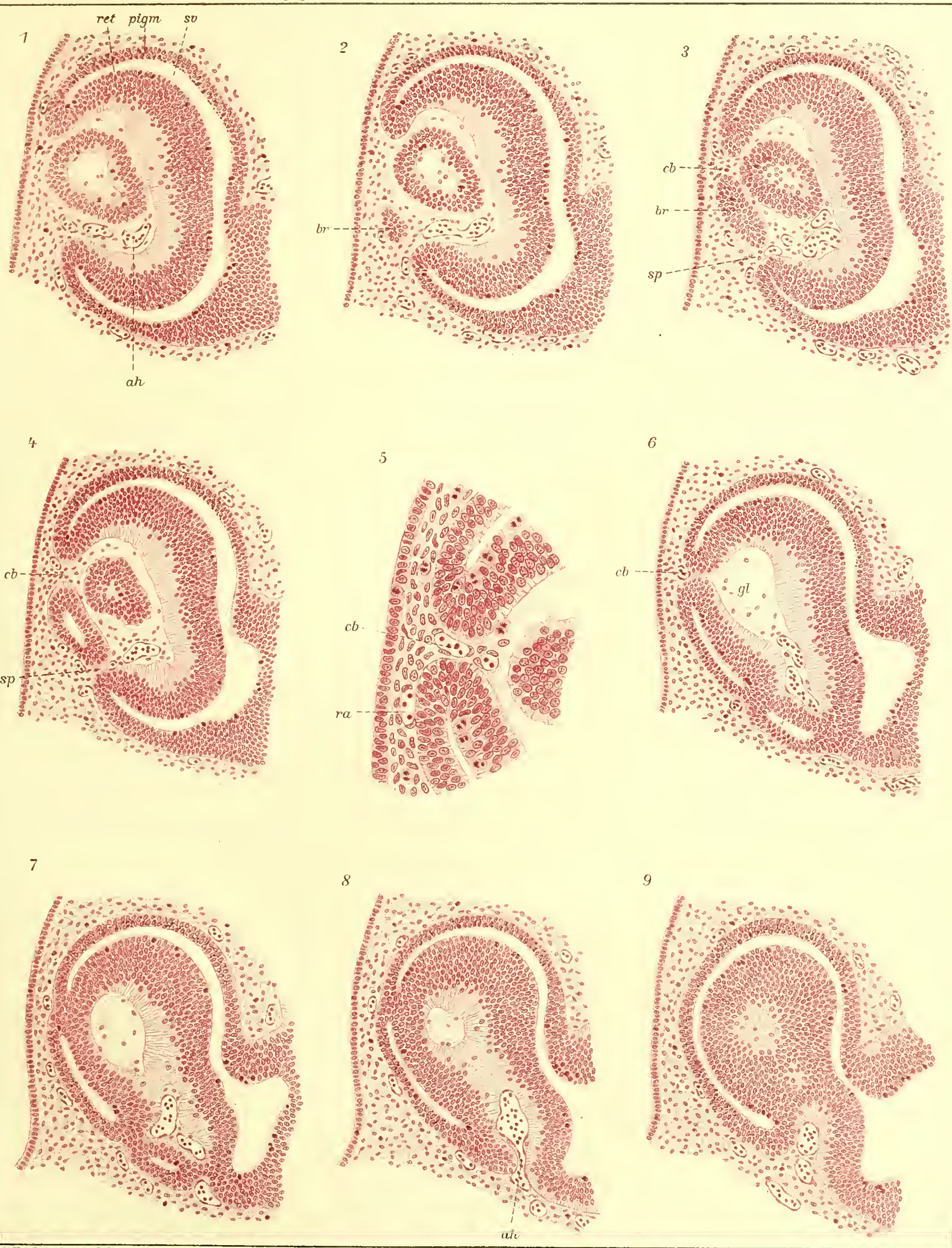
Fig. 5. Das Colobom des Becherrandes, in welchem ein Ast der Ringarterie liegt, bei stärkerer Vergrößerung 200 : 1.

Fig. 7. Der Sehstiel ist an seinem Beginn leicht eingebuchtet.

Fig. 8. Am Beginn des Sehstieles ist die Augenbecherspalte noch offen. In derselben liegt die Arteria hyaloidea.

Fig. 9. Einbuchtung am Beginn des Sehstiels.

ret = Retinalblatt des Augenbechers, *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers, *sv* = Sehventrikel, *sp* = Augenbecherspalte (Fetalspalte), *ah* = Ast der Arteria hyaloidea, *br* = Becherrand, *lw* = Wand des Linsenbläschens, *cb* = Colobom des Becherrandes (mit der Fetalspalte nicht zusammenhängende Einkerbung des Becherrandes), *ra* = Ringarterie, *gl* = Glaskörper.



A. Kirchner gez. u. lith.

Druck v. M. Neubauer, Leipzig.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Tafel XI.

Fast vollständig geschlossene Augenbecherspalte. Linsenpolster.
Embryolänge 10 mm; Alter 30 Tage.

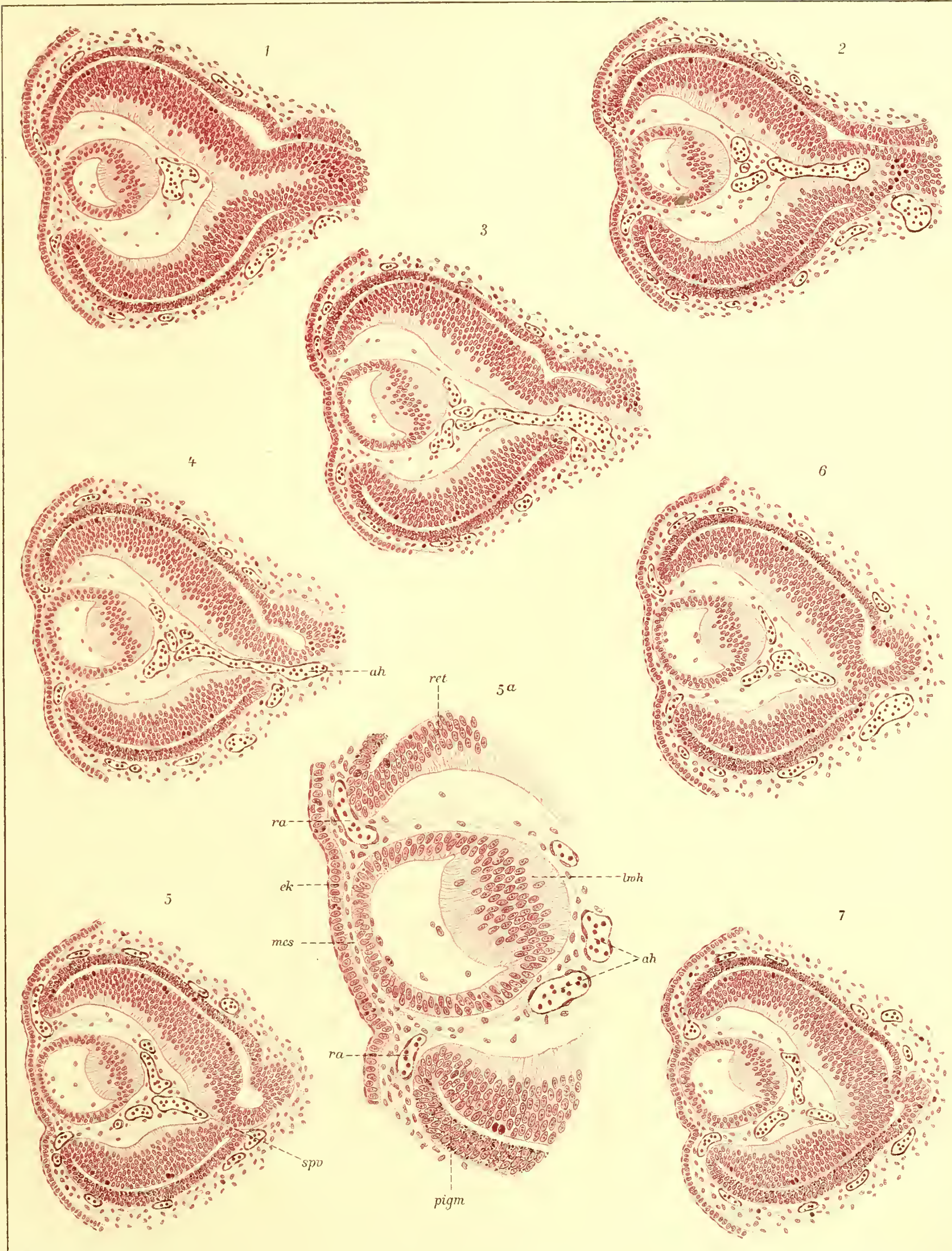
Tafel XI.

Sämtliche Schnitte dieser Tafel stammen von dem 10 mm langen im Besitze von ROB. MEYER in Berlin befindlichem Embryo Nr. 315. K.N.T. 48. Fig. 1—7 Vergr. 100 : 1. Fig. 5*a* Vergr. 200 : 1.

Fig. 1—7 stellen Querschnitte durch verschiedene Abschnitte der Augenanlage dar.

Fig. 5*a*. Ein Teil der Fig. 5 bei stärkerer Vergrößerung.

ah = Arteria hyaloidea und deren Äste, *ra* = Ringarterie, *ek* = Ektoderm, *mes* = Mesoderm, *lwh* = hintere Linsenwand (Linsenpolster), *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers, *ret* = Retinalblatt des Augenbechers, *spv* = Verschmelzungsstelle der Becherspaltenlippen



A. Kirchner gez. u. lith.
Druck v. M. Neubauer, Leipzig.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Tafel XII.

In der Mitte geschlossene, vorn und hinten noch offene Augenbecherspalte. Sehstielrinne.
Länge des Embryo 11,3 mm;
Alter 30—31 Tage.

Tafel XII.

Sämtliche Schnitte dieser Tafel und der Tafel XIII beziehen sich auf die 11,3 mm langen, im Besitz von Rabl in Leipzig befindlichen Zwillingsembryonen E. Piering. Vergr. 100 : 1. Der Embryo, von welchem diese Schnitte stammen, war schon etwas mazeriert.

Fig. 1. Äquatorialschnitt ungefähr durch die Mitte der Linse. *ah* = Arteria hyaloida, *sp* = Becherspalte, *ret* = Retinalblatt des Augenbechers, *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers.

Fig. 2. Etwas mehr kaudal gelegener Äquatorialschnitt. Die Ränder der Augenbecherspalte sind miteinander verschmolzen. *spv* = Becherspaltenverschmelzung.

Fig. 3. Der Schnitt verläuft kaudal von der Linse. Die Spalte ist geschlossen und die Becherwand daselbst in 2 Blätter geteilt. *gpl* = Gefäßplexus im Glaskörper.

Fig. 4. Querschnitt durch den vorderen (rostralen) Bezirk des Sehstiels, dessen ventrale Wand stark in das Lumen vorspringt. *ah* = Arteria hyaloidea, *st* = Sehstiel.

Fig. 5. Etwas mehr hinten (kaudal) gelegener Querschnitt durch den Sehstiel.

Fig. 6. Noch weiter hinten (kaudal) gelegener Sehstielquerschnitt. *st* = Sehstiel.



A. Kirchner gez. u. lith.

Druck v. M. Neumeier, Leipzig

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Tafel XIII.

Die Augen, Sehstiele und der Vorderhirnventrikel eines 11,3 mm langen, 30—31 Tage alten Embryo.

Tafel XIII.

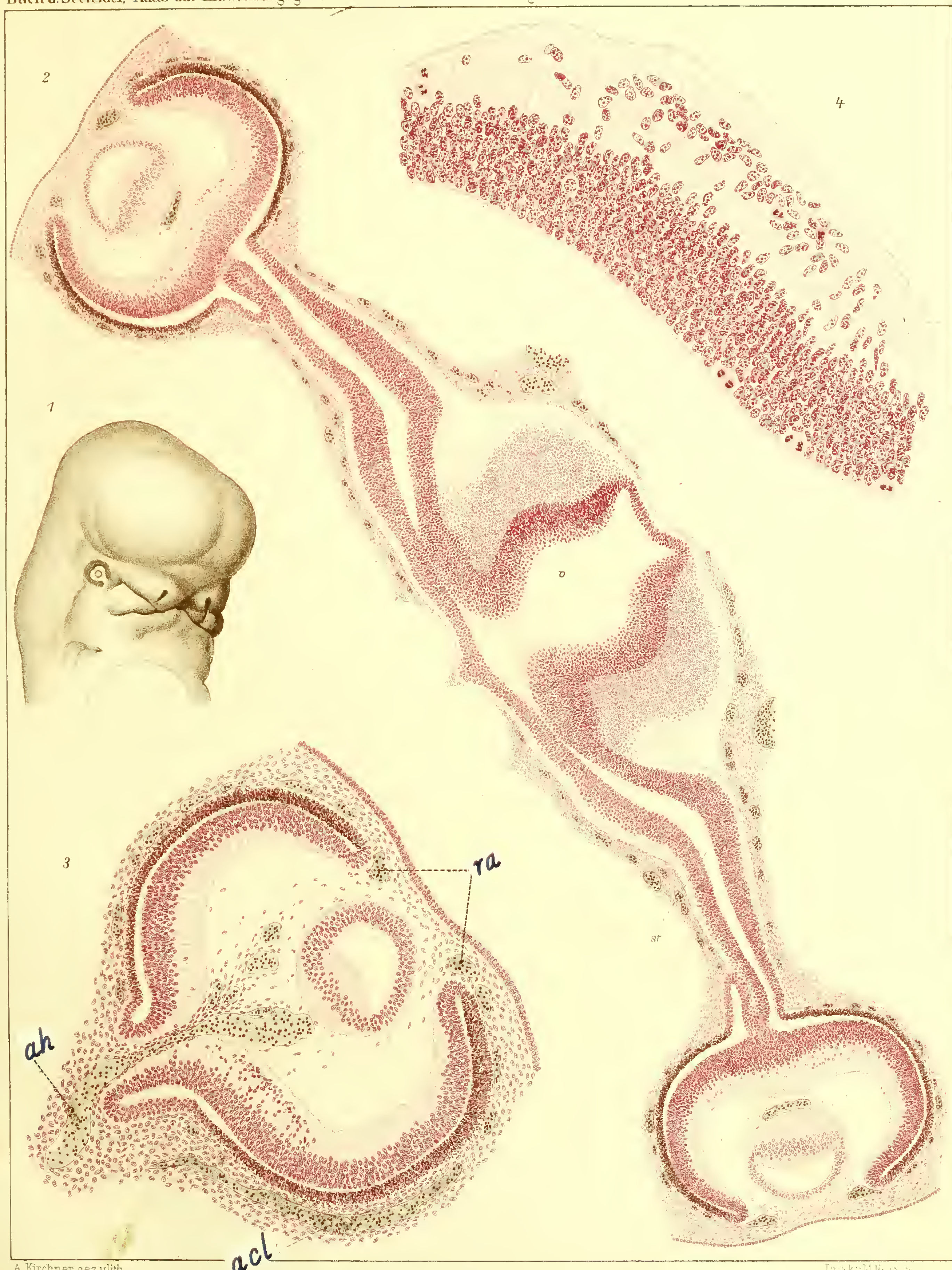
Der wesentlich besser konservierte Zwillings-Embryo zur Tafel XII. Im Besitze von RABL in Leipzig.

Fig. 1. Kopf des Embryo. Vergrößert. 12,3.

Fig. 2. Querschnitt durch die beiden Augen, die Sehstiele und das Vorderhirn. Vergr. etwa 70 : 1.

Fig. 3. Schnitt durch das Auge. Vergr. 108 : 1. *ah* = Arteria hyaloidea, eine Strecke weit in dem eingestülpten Sehstiel verlaufend, im Innern des Auges sich in Äste teilend. *ra* = Ringarterie, *acl* = Arteria ciliaris postica longa. Mesodermzellen treten in relativ großer Anzahl sowohl mit der Arteria hyaloidea als am Becherrande in den Glaskörper ein.

Fig. 4. Schnitt durch den ventralen Bereich der Netzhaut, in der Nähe des Sehstieles beginnende Differenzierungsvorgänge zeigend. Vergr. 390 : 1.



A. Kirchner gez. u. lith.

Verlag v Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Tafel XIV.

Augenanlage bei 13—19 mm langen, 34—40 Tage alten Embryonen.

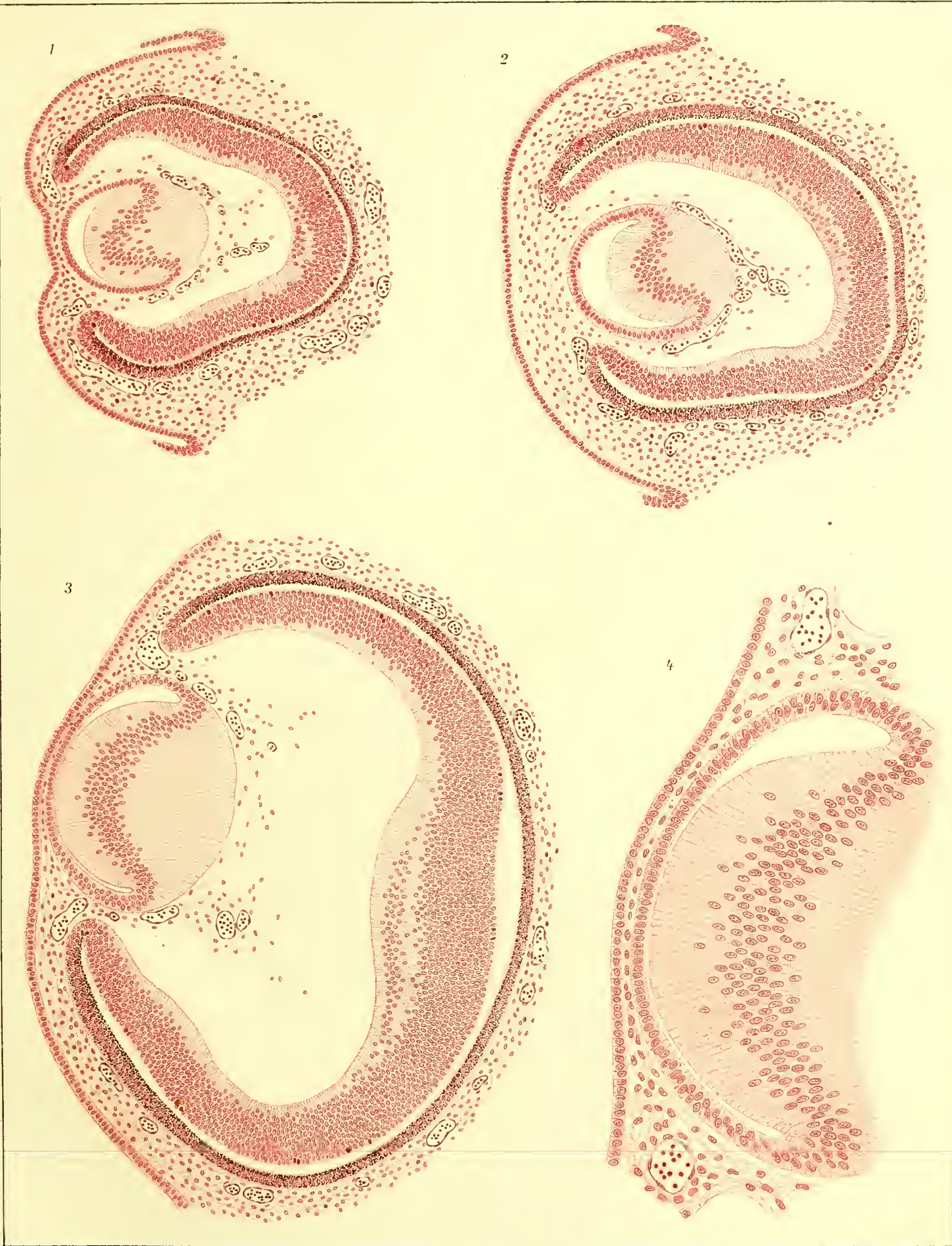
Tafel XIV.

Fig. 1. Schnitt durch den zentralen Abschnitt eines Auges des im Besitz von R. MEYER in Berlin befindlichen 13 mm langen Embryo 325. Vergr. 100 : 1.

Fig. 2. Mehr lateral gelegener Schnitt durch das Auge des im Besitz des Anatomisch-Biologischen Instituts zu Berlin (O. HERTWIG) befindlichen 15 mm langen Embryo 67. Vergr. 100 : 1.

Fig. 3. Schnitt durch den zentralen Abschnitt des Auges eines im Besitz von E. GASSER (Marburg) und H. STRAHL (Gießen) befindlichen 19 mm langen Embryo. Vergr. 100 : 1.

Fig. 4. Vorderer Bulbusabschnitt desselben Auges. Vergr. 200 : 1.



A. Kirchner gez. u. lith. Druck v. M. Neubauer Leipzig.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Tafel XV.

1. Augenanlage eines 20 mm langen, ungefähr 45 Tage alten Embryo.

2. Schnitt durch den vorderen Schädelabschnitt ungefähr in der Höhe des Horizontalmeridians der Augen bei einem etwa 45 mm langen und etwa 70 Tage alten Embryo.

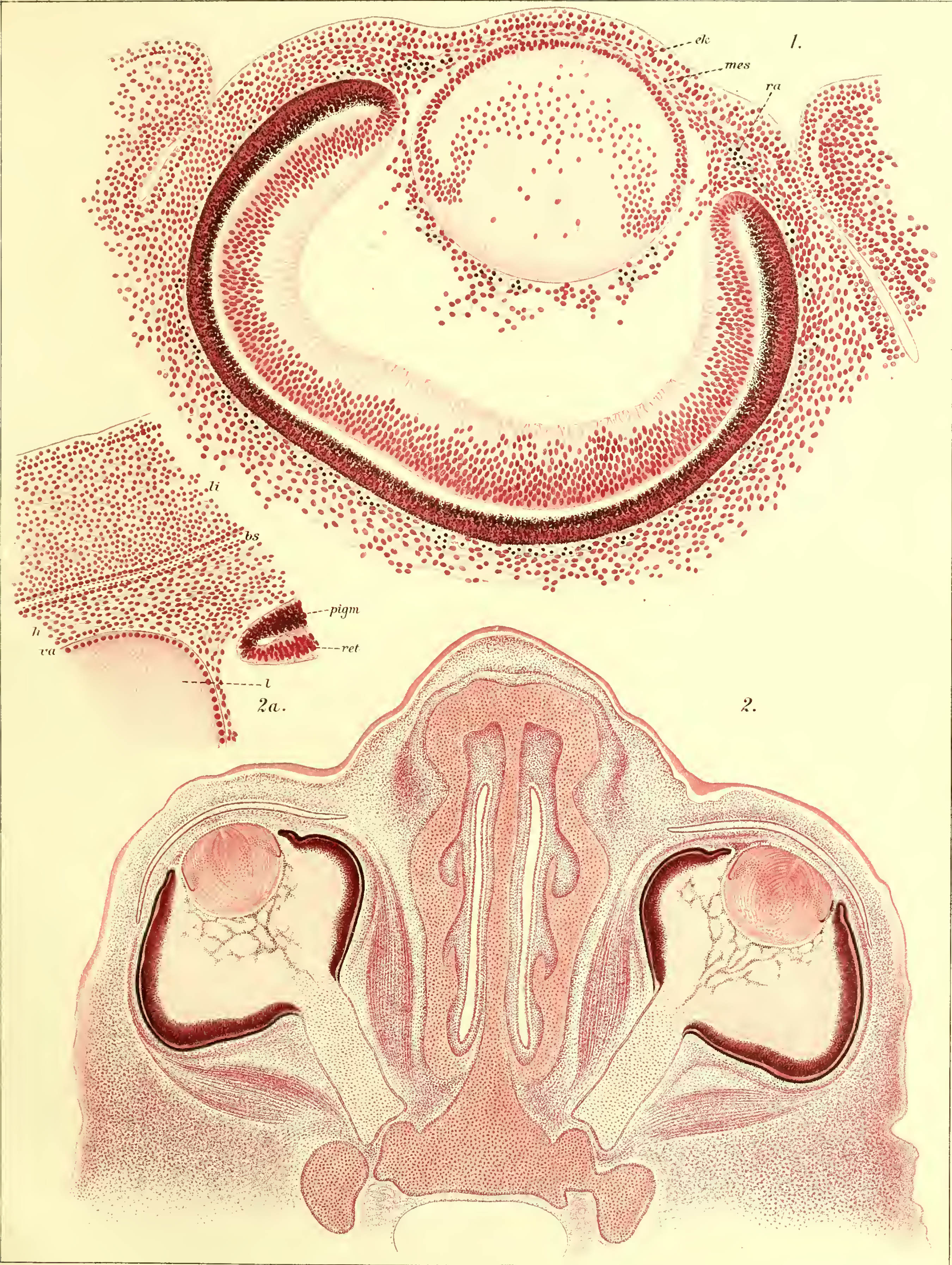
Tafel XV.

Fig. 1. Schnitt durch das Auge eines im Besitz von E. GASSER (Marburg) und H. STRAHL (Gießen) befindlichen 20 mm langen Embryo. Vergr. 100 : 1. *ek* = Ektoderm, *mes* = Mesoderm, *ra* = Ringarterie. Das Ektoderm besteht aus einer mehrschichtigen Zellage. Die zwischen Ektoderm und Linse befindliche Mesodermschicht ist etwas breiter geworden, enthält aber noch keine Gefäße. Ebenso ist der Mesodermstreifen, der zwischen den Durchschnitten des Ringgefäßes (*ra*) und den an der Hinterfläche der Linse sichtbaren Endverzweigungen der Arteria hyaloidea sich befindet, gefäßlos.

Fig. 2. Horizontalschnitt nahezu durch die Mitte beider Augen und Augenhöhlen, den Nasenrücken und die Nasenhöhle mit Septum. Das Präparat verdanke ich Herrn H. HILDEBRAND, Marburg. Der Embryo hatte eine Größe von ungefähr 45 mm. Vergr. 20 : 1. Figurenerklärung siehe 2*a*. Die Augen und ihre Umgebung sind bei diesem Embryo besonders gut fixiert. Ich mache speziell darauf aufmerksam, daß die vordere Augenkammer (*va*) nur als capillarer, von einem schmalen Mesodermstreifen durchzogener Spalt existiert. Der Bindehautsack (*bs*) stellt gleichfalls nur einen äußerst schmalen Spalt dar.

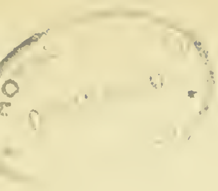
Fig. 2*a* bringt die Umgebung des Becherrandes desselben Embryo bei stärkerer Vergrößerung. Okul. 1. Tubuslänge 17,3. Obj. DD. *l* = Linse, *li* = Augenlid, *bs* = Bindehautsack, *h* = Hornhaut, *va* = vordere Augenkammer, *pigm* = Pigmentblatt des Augenbechers, *ret* = Retinalblatt des Augenbechers.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.



Lith. Anstalt v. M. Neubauer, Leipzig.

Verlag v. **Wilhelm Engelmann** in Leipzig.



Tafel XVI.

Linsennähte und Linsensterne.

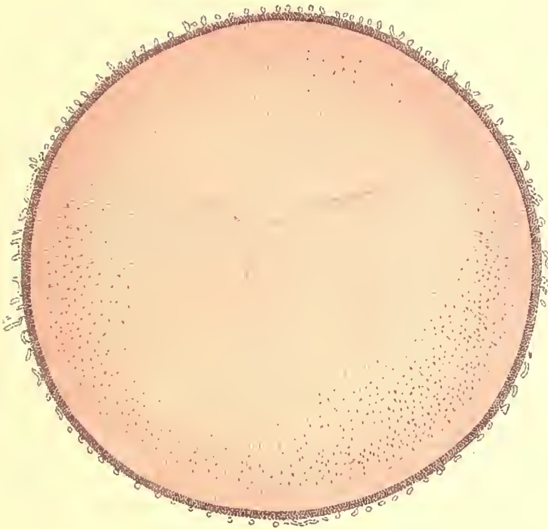
Tafel XVI.

Fig. 1 und 2. Vorderer und Fig. 3 und 4 hinterer Linsenstern bei einem 120—130 mm langen Fötus. (Präparat BACH.)

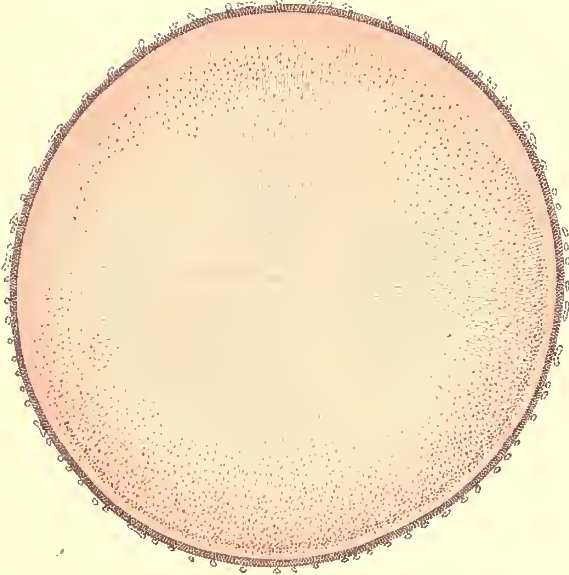
Fig. 5. Hintere Linsennaht bei einem 84 mm langen Fötus. (Präparat BACH.)

Fig. 6. Vordere Linsennaht bei einem 84 mm langen Fötus.

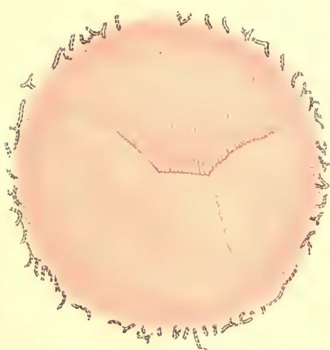
1.



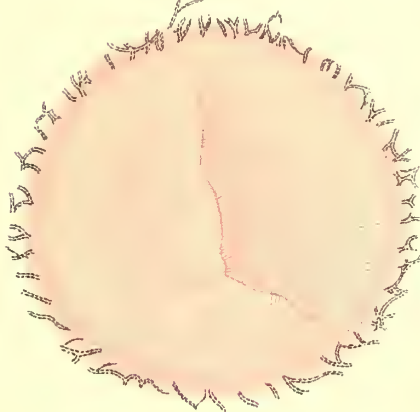
2.



3.



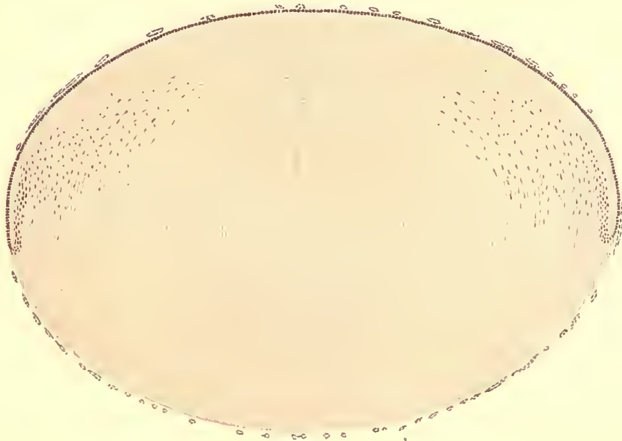
4.



5.



6.



W. Freytag gez.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig
Lith. Anst. v. F. A. Funke Leipzig

Tafel XVII.

Glaskörper und Zonula bei Föten des 3.—5. Monats.

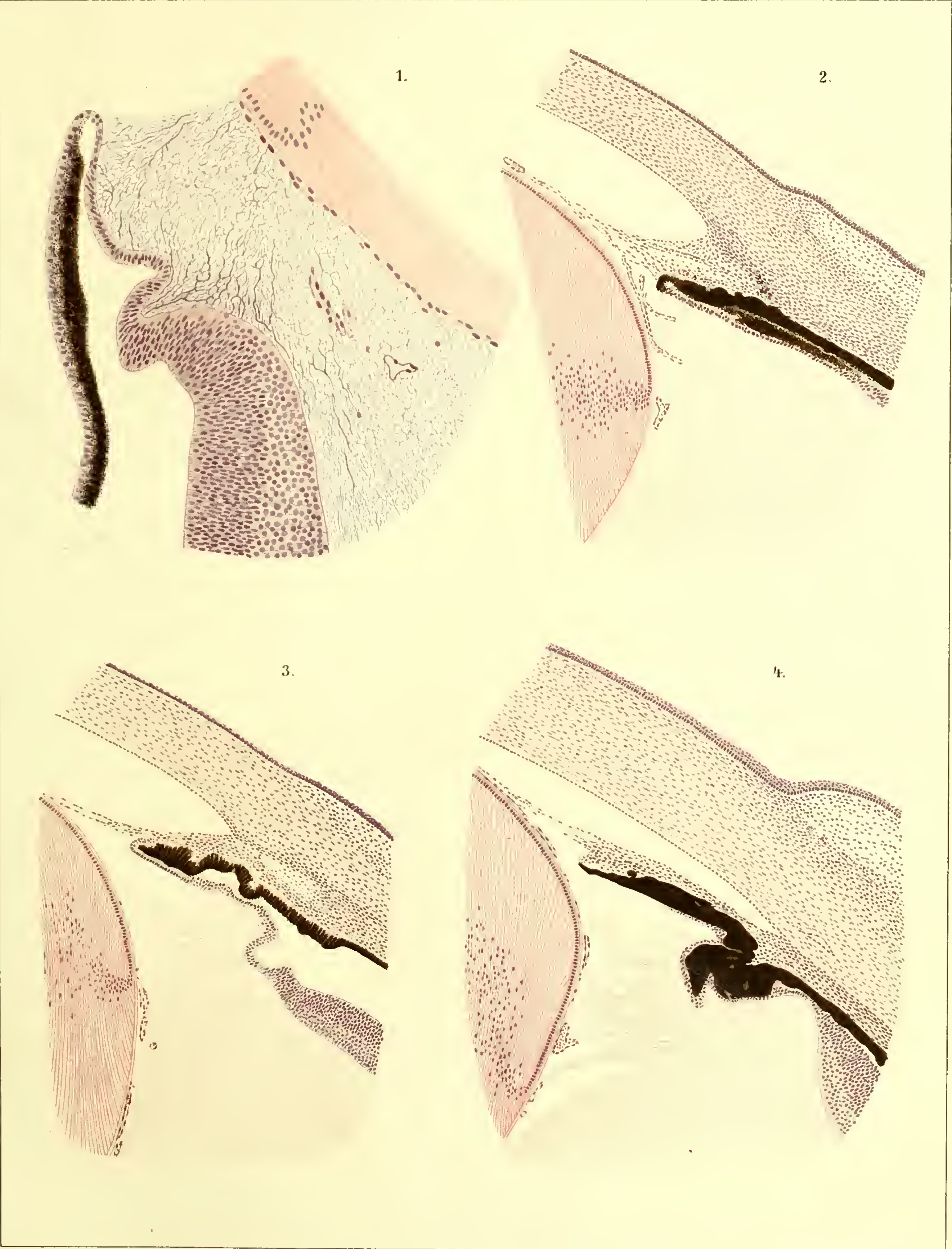
Tafel XVII.

Fig. 1. Glaskörper und Zonula bei einem Fötus des 3. Monats. (Länge unbekannt.) (Präparat BACH.)

Fig. 2. Glaskörper und Zonula bei einem Fötus von 130 mm größter Länge (4. Monat). (Präparat BACH.)

Fig. 3. Glaskörper und Zonula bei einem Fötus von 103 mm Scheitelsteiß- und 155 mm größter Länge (Ende 4. Monat). (Präparat SEEFELDER.)

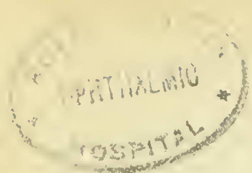
Fig. 4. Glaskörper und Zonula bei einem 250 mm langen Fötus (5. Monat). (Präparat BACH.)



W. Freytag gez.

Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.



Tafel XVIII.

Zonula Zinnii bei einem Fötus des 6. Monats und beim Erwachsenen.

Tafel XVIII.

Fig. 1 und 2. Zonula Zinnii beim Erwachsenen.
Fig. 3. Ansatz der Zonula an der Linse von Fig. 1 bei stärkerer Vergrößerung.
Fig. 4. Zonula Zinnii bei einem 30—35 cm langen Fötus.

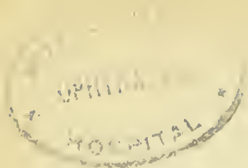
Nach Präparaten von Prof. BACH gezeichnet.



W. Freytag gez.

Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.



Tafel XIX.

Horizontalschnitte durch die Augenanlagen von Föten des 3. Monats.

Tafel XIX.

Fig. 1. Fötus von 31 mm größter Länge. (Präparat SEEFELDER.) Lidspalte noch weit geöffnet.
Fig. 2. Fötus des 3. Monats. Länge unbekannt. (Präparat BACH.) Lidspalte geschlossen.
Fig. 3. Fötus von 40 mm Scheitelsteiß- und 54 mm größter Länge. (Präparat SEEFELDER.)
Fig. 4. Fötus von 54 mm Scheitelsteiß- und 76 mm größter Länge. (Präparat SEEFELDER.)

Die vordere Augenkammer in den Figuren 1 und 3 ist ein Kunstprodukt.

Sämtliche Figuren sind bei 25facher Vergrößerung gezeichnet.

rl = musculus rectus. lateralis, *rm* = musculus rectus medialis.

Von der Anbringung von weiteren Signaturen wurde mit Rücksicht auf die zu Tafel XXI gegebenen Erläuterungen abgesehen.



W Freytag gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

Tafel XX.

Horizontalschnitte durch die Augenanlagen von Föten des 3. Monats.

Tafel XX.

Fig. 1. Fötus von 84 mm größter Länge. (Präparat BACH.)
Fig. 2. Fötus von ungefähr 80 mm größter Länge. (Präparat SEEFELDER.)

Beide Figuren sind bei 25 facher Vergrößerung gezeichnet.

rl = musculus rectus lateralis, *rm* = musculus rectus medialis.

Von der Anbringung weiterer Signaturen wurde mit Rücksicht auf die zu Tafel XXI gegebenen Erläuterungen abgesehen.



W. Freytag gez. Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig



Tafel XXI.

Horizontalschnitt durch die Augenanlage eines Fötus des 4. Monats.

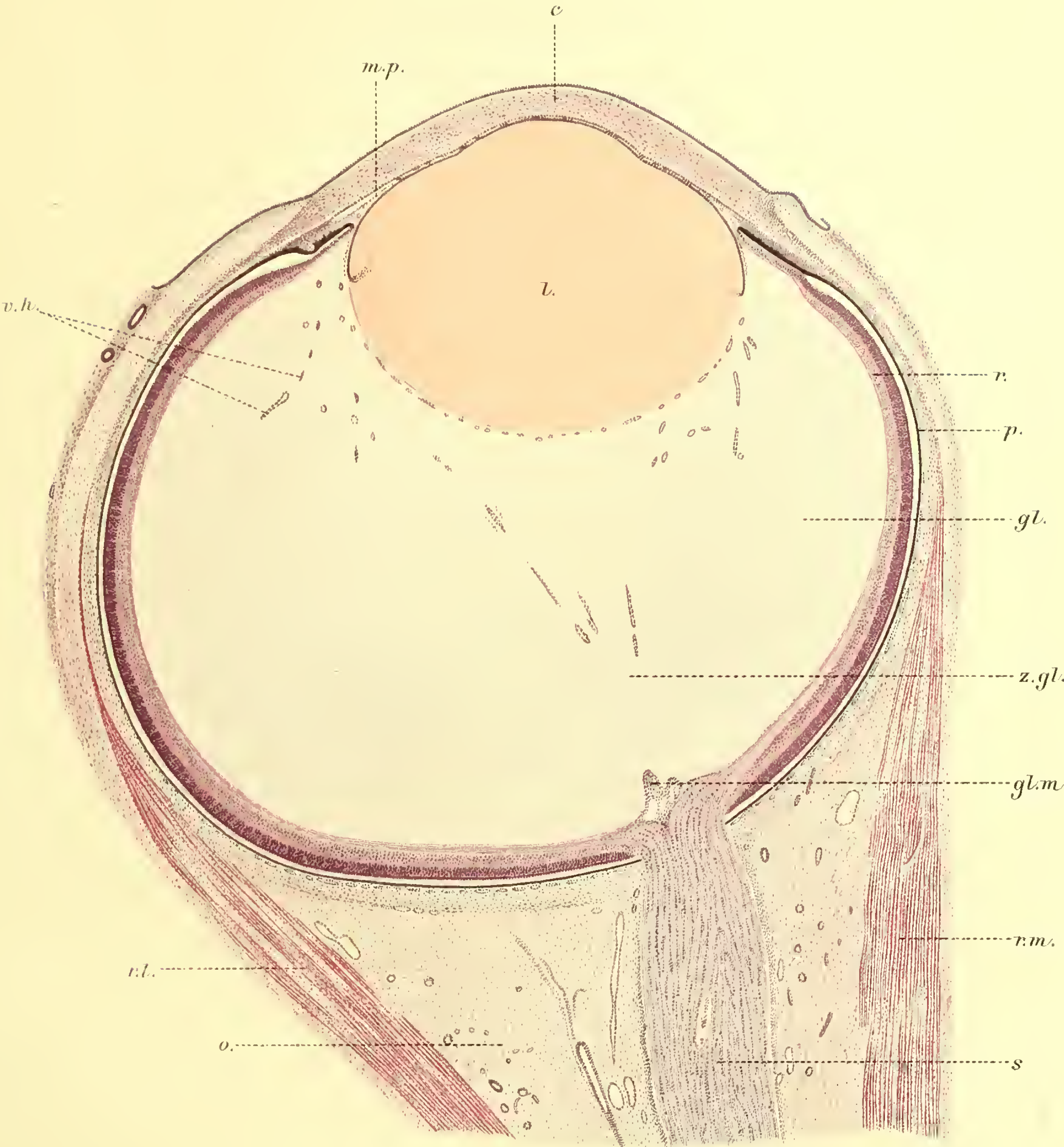
Tafel XXI.

Augenanlage eines Fötus von 80 mm Scheitelsteißlänge. Größte Länge unbekannt, etwa 130 mm. (Präparat SEEFELDER.)

c = Kornea, *mp* = Pupillarmembran, *l* = Linse, *p* = Pigmentepithel, *r* = Retina, *gl* = Glaskörper, *vh* = vasa hyaloidea propria, *gl* = Gliamantel, *zgl* = zentraler Glaskörper, *s* = Sehnerv, *rl* = musculus rectus lateralis, *rm* = musculus rectus medialis, *o* = orbitales Bindegewebe.

Die Vorwölbung im Bereiche des vorderen Linsenpols ist als abnorm zu bezeichnen.

Vergrößerung 1 : 25.



Verlag v Wilhelm Engelmann in Leipzig
Lith. Anst. v E. A. Funke, Leipzig


ROYAL LONDON
OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XXII.

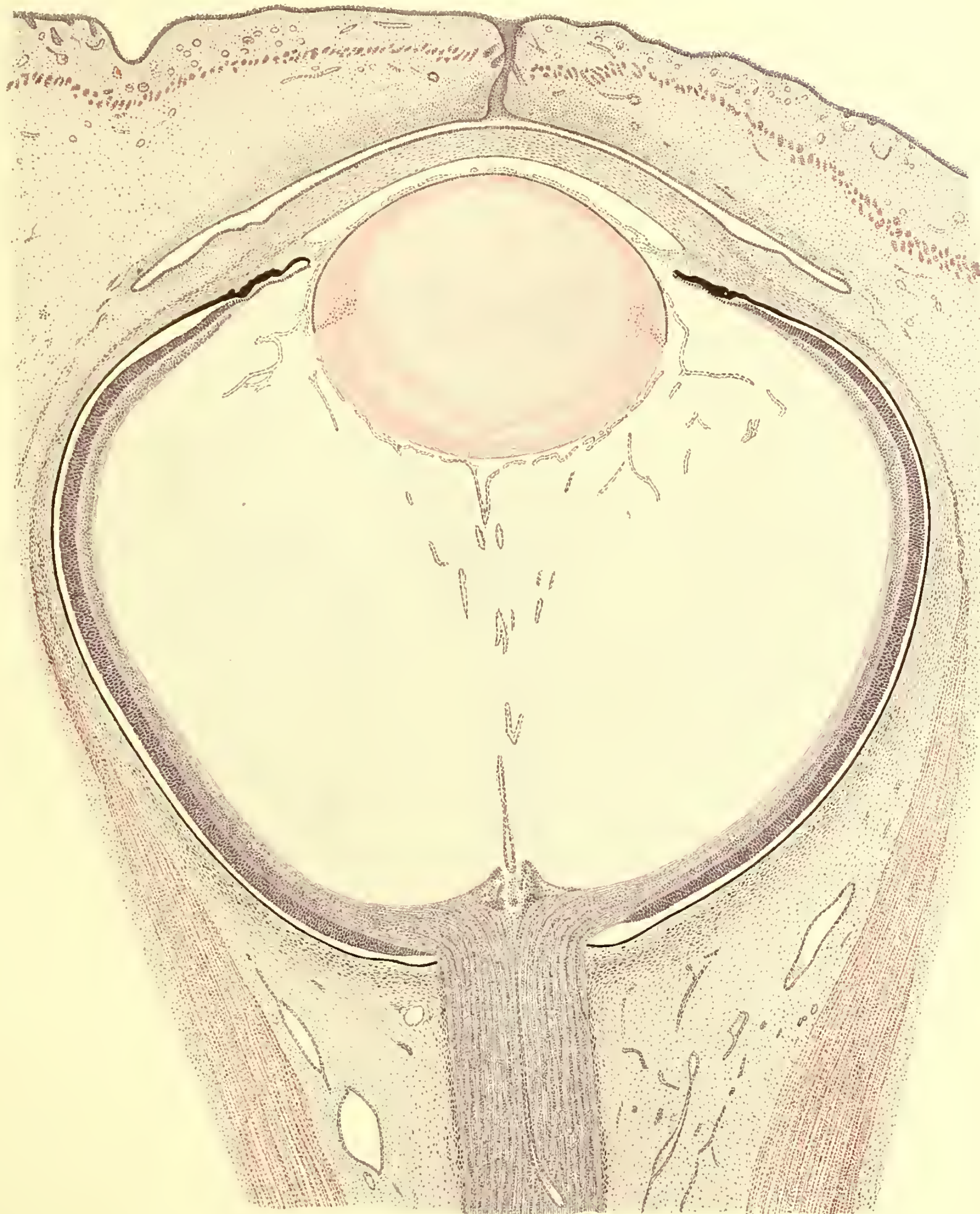
Horizontalschnitt durch die Augenanlage eines Fötus des 4. Monats.

Tafel XXII.

Augenanlage eines Fötus von 130 mm größter Länge. (Präparat BACH.)

rl = musculus rectus lateralis, *rm* = musculus rectus medialis.

Die Anbringung von weiteren Signaturen erscheint mit Rücksicht auf die zu Tafel XXI gegebenen Erläuterungen überflüssig. Vergrößerung 1 : 25.



W. Freytag gez.

Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

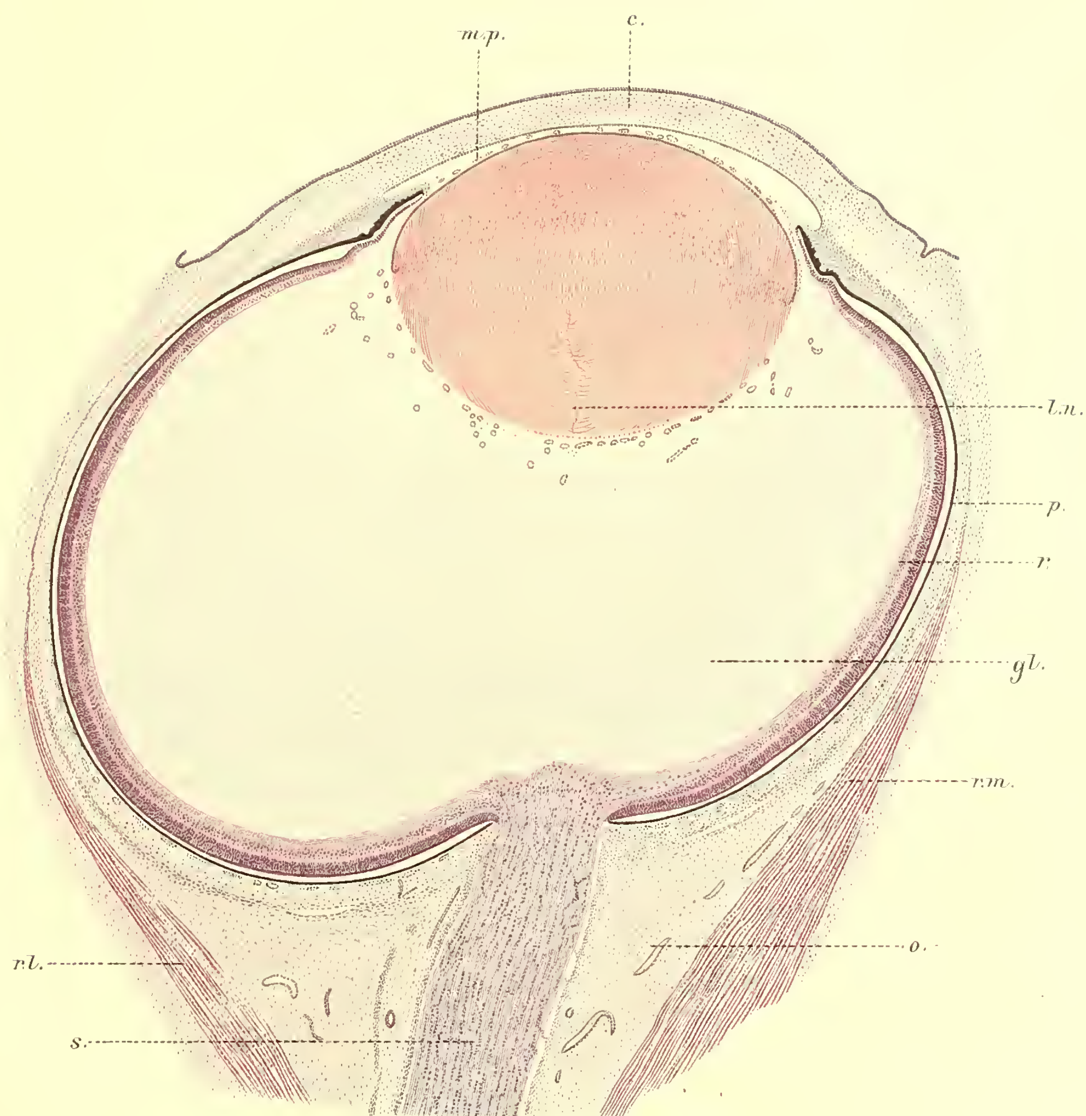


Tafel XXIII.

Horizontalschnitt durch die Augenanlage eines Fötus des 4. Monats.

Tafel XXIII.

Augenanlage eines Fötus von 153 mm größter Länge. (Präparat SEEFELDER.)
rl = musculus rectus lateralis, *rm* = musculus rectus medialis. Vergrößerung 1 : 25.



W Freytag gez. Verlag v Wilhelm Engelmann in Leipzig Lith. Anst. v E. A. Funke, Leipzig

Tafel XXIV.

Entwicklung der Hornhaut bei Embryonen im Alter von etwa 5—6 Wochen.

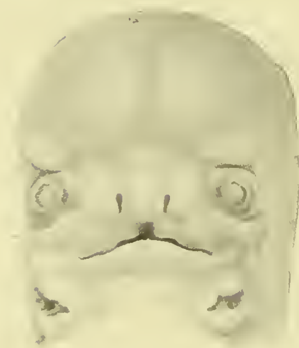
Tafel XXIV.



1. Embryo von 12,7 mm größter Länge.
(Präparat SEEFELDER.)



2. Embryo von 14,5 mm Länge.
(Präparat SEEFELDER.)



3. Kopfanlage des 14,5 mm langen Embryos (Fig. 2) von vorn und unten gesehen.

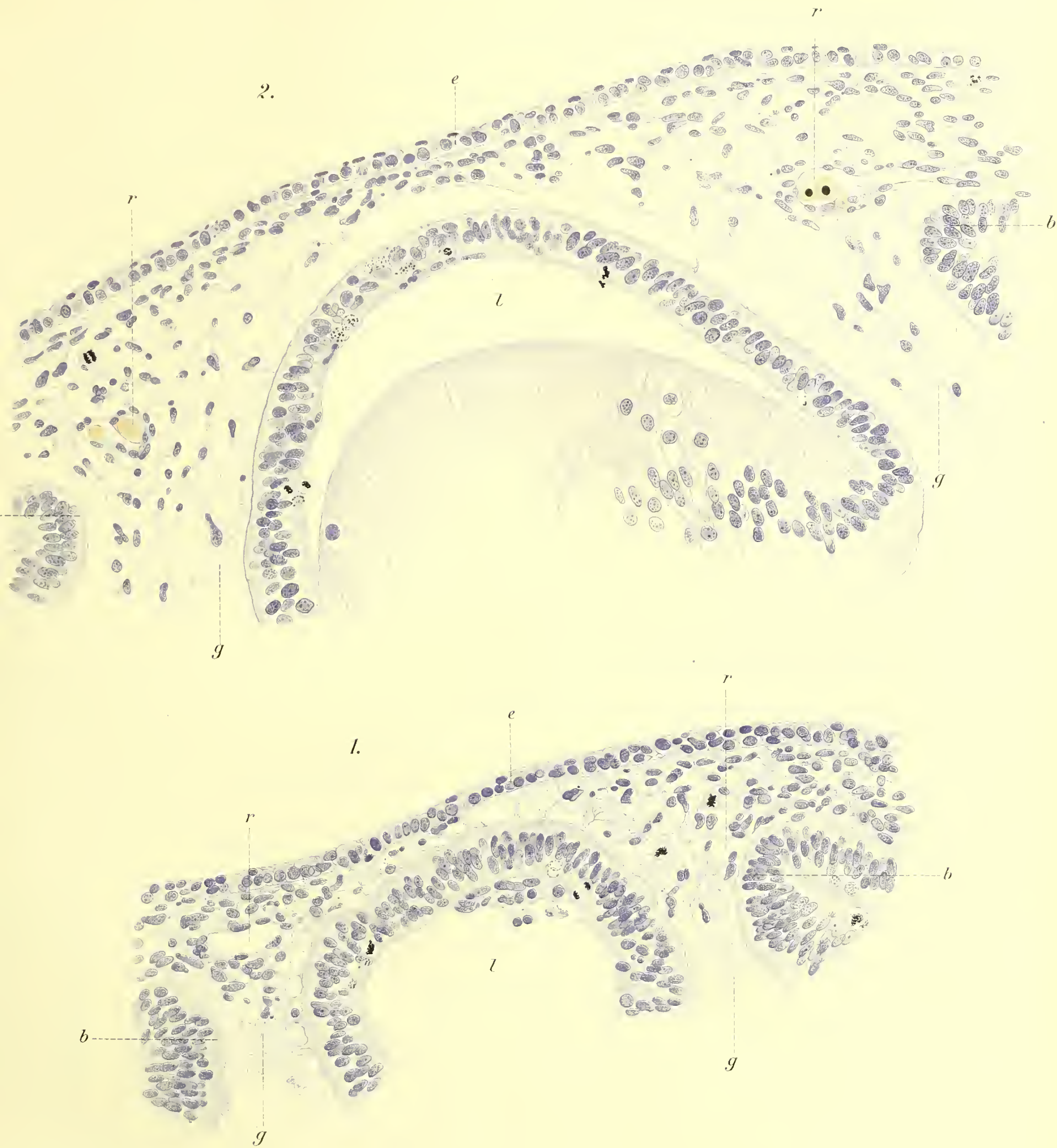
Fig. 1. Vorderer (distaler) Abschnitt der Augenanlage eines 12,7 mm langen Embryos. (Präparat SEEFELDER.) Alter etwa 6 Wochen. Abortus artificialis am 5. IV. 11. Letzte Menses 13. II. 11.

Die Abbildung zeigt die Entwicklung des embryonalen fibrillären Stützgewebes zwischen den Augenbecherrändern, dem Ektoderm und der Linse, sowie die Einwanderung der Mesodermzellen in diesen Raum. Vergrößerung 1 : 290.

Fig. 2 zeigt die gleichen Verhältnisse bei einem 14,5 mm langen, ebenfalls im Besitze SEEFELDERs befindlichen Embryo. Letzte Menses vor 6 Wochen.

Das Präparat ist etwas geschrumpft. Vergrößerung 1 : 290.

e = Ektoderm, *g* = Glaskörper, *r* = Ringgefäß, *b* = Augenbecherrand, *l* = Linse.



A. Fiedler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

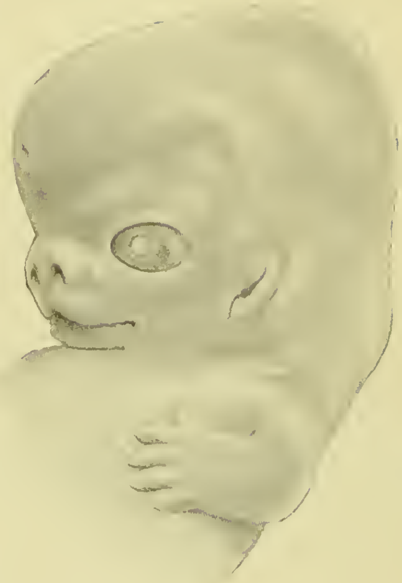
Tafel XXV.

Entwicklung der Hornhaut und Pupillarmembran bei einem Embryo im Alter von etwa 7—8 Wochen.

Tafel XXV.



Embryo von 18,5 mm größter Länge.
(Präparat ROBERT MEYER, Berlin.)



Embryo von 19 mm größter Länge.
(Präparat SEEFELDER.)

Fig. 1. Übersichtsbild über die temporale Hälfte des vorderen Augenabschnitts eines Embryos von 20 mm Scheitelsteiß- und 24 mm größter Länge. (Präparat SEEFELDER.)

Die Abbildung soll vor allem die ektodermale fibrilläre Anlage der Pupillarmembran und deren Zusammenhang mit den Mesodermzellen des Becherrandes und mit dem Glaskörpergewebe demonstrieren. Das Präparat ist etwas geschrumpft, die Vorderkammer artifiziell erzeugt worden.

Vergrößerung etwa 240 fach.

Fig. 2. Eine Stelle aus der Hornhaut der Fig. 1 bei starker (1000facher) Vergrößerung. Eigenartiges Verhalten der Endothelzellen.

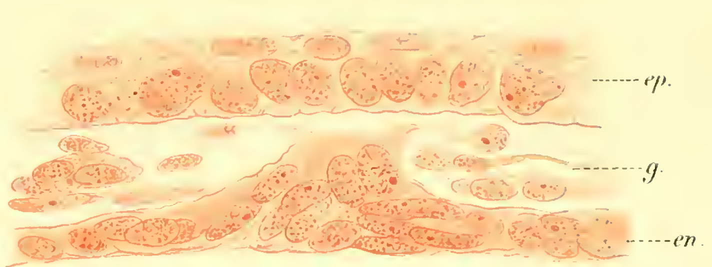
Fig. 3. Peripherer Abschnitt der Hornhautanlage des gleichen Embryos. Vergrößerung 1 : 1000.

Fig. 4. Zentraler Abschnitt der Hornhautanlage des gleichen Embryos. Vergrößerung 1 : 1000.

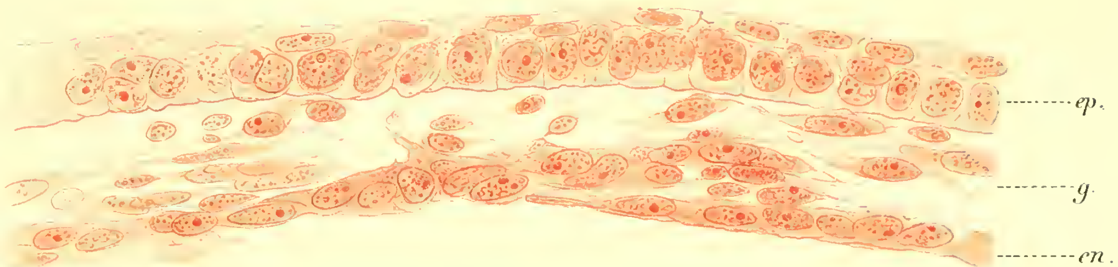
c = Kornea, *ep* = Epithel, *g* = Anlage der Hornhautgrundsubstanz, *en* = DESCEMETsches Endothel, *l* = Linsenkapsel mit Epithel (die Linse ist bereits vollkommen solid), *g* = Glaskörper, *mp* = fibrilläre Anlage der Pupillarmembran, *b* = Augenbecherrand.



1.



2.



3.



4.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

Tafel XXVI.

Hornhautanlage bei Embryonen vom Ende des 2. und Anfang des 3. Monats.

Tafel XXVI.



Embryo von 27 mm größter Länge. (Präparat GASSER.)

Fig. 1. Horizontalschnitt durch das Zentrum der Hornhautanlage eines Embryos von 22 mm größter Länge. Das Endothel ist anscheinend noch nicht entwickelt.

Fig. 2. Horizontalschnitt durch den periphersten Abschnitt der Hornhautanlage des gleichen Embryos. Äußere Schicht = Hornhautanlage. Die zwischen und unmittelbar vor den Becherrändern ausgedehnte Schicht bildet das Mesoderm, aus dem die Iris, der mesodermale Anteil der Pupillarmembran und das Gerüstwerk der Kammerbucht hervorgehen.

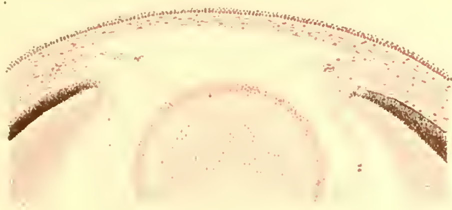
Fig. 3. Horizontalschnitt durch das Zentrum der Hornhautanlage eines 26 mm langen Embryos. (Präparat ROBERT MEYER, Berlin.) Das Endothel ist entwickelt. Die Gefäße der Pupillarmembran und die sie begleitenden Mesodermzellen sind weiter nach dem Linsenpol vorgerückt, haben ihn aber noch nicht erreicht.

Fig. 4—6. Horizontalschnitt durch die Peripherie der Hornhautanlage eines 26 mm langen Embryos.

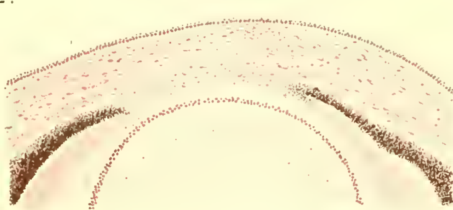
Fig. 7. Vordere Linsennaht bei einem 32 mm langen Fötus. Die Zerfallserscheinungen im Bereiche der hinteren Linsenschichten sind eine Folge der Formolfixierung.

Fig. 8. Zeigt die gleichen Verhältnisse wie Fig. 5 bei einem 27 mm langen Embryo. (Präparat GASSER.) Die Vergrößerung ist etwas stärker wie in Fig. 5.

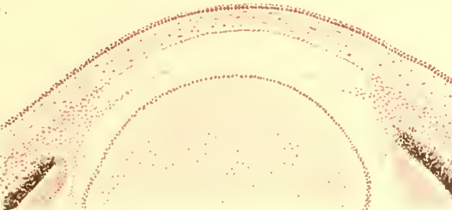
1.



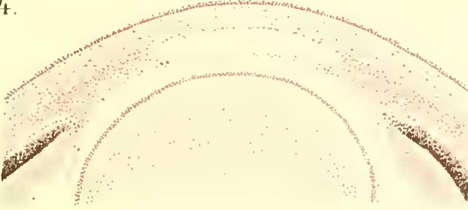
2.



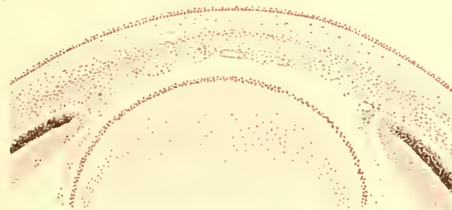
3.



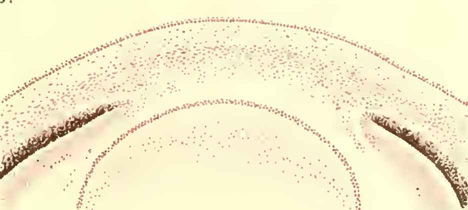
4.



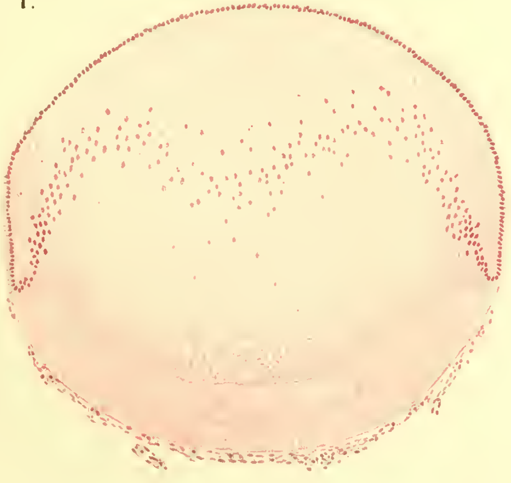
5.



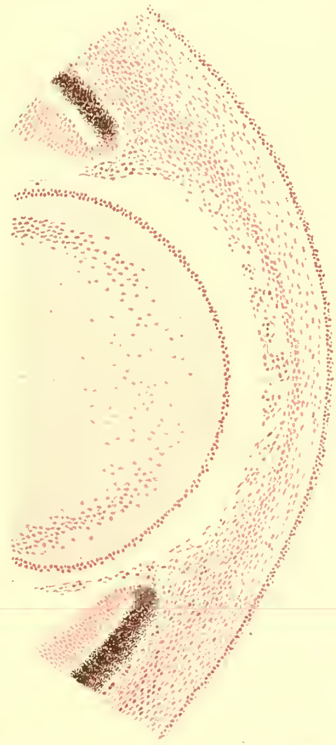
6.



7.



8.



W. Freytag gez.

Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Tafel XXVII.

1. Entwicklung der Hornhaut bei Föten des 3.—6. Monats.

2. Entwicklung der Bowmanschen Membran.

Tafel XXVII.

Fig. 1. Hornhautanlage eines Embryos von 24 mm Scheitelsteiß- und 28 mm größter Länge. Die abgebildete Stelle entspricht einem parazentralen Bezirk. Im Zentrum ist die Hornhaut noch dünner. Vergrößerung 1 : 1000.

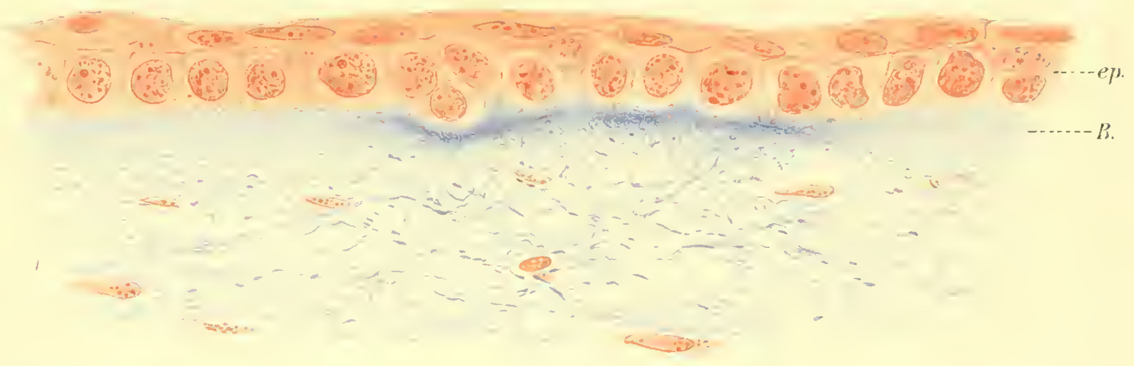
Fig. 2. Hornhautanlage eines Fötus von 45 mm Scheitelsteiß- und 65 mm größter Länge. Vergrößerung etwa 1 : 250.

Fig. 3. Vordere Hornhautschichten in dem Auge eines Fötus aus der ersten Hälfte des 5. Monats. Zelloidinschnitt gefärbt nach HELD-VAN GIESON. Die BOWMANsche Membran erscheint vollkommen homogen. Vergrößerung 1 : 1000.

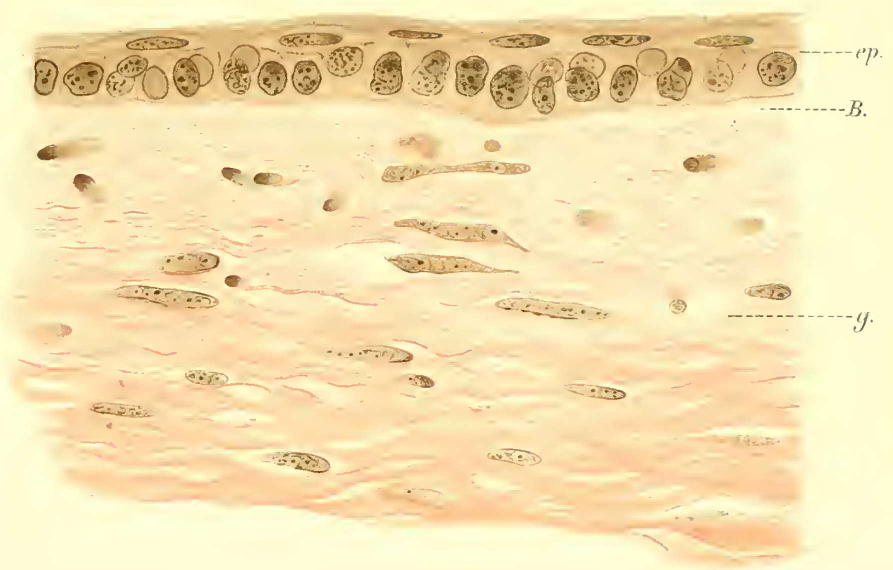
Fig. 4. Vordere Hornhautschichten des gleichen Fötus gefärbt nach MALLORY (Paraffinschnitt). Die Membran erscheint fibrillär. Vergrößerung 1 : 1000.

Fig. 5. Vorderste Hornhautschichten eines Fötus des 6. Monats. Paraffinschnitt gefärbt nach MALLORY. Die Membran erscheint an einer zufällig intensiver gefärbten Stelle fibrillär, sonst fast ganz homogen.

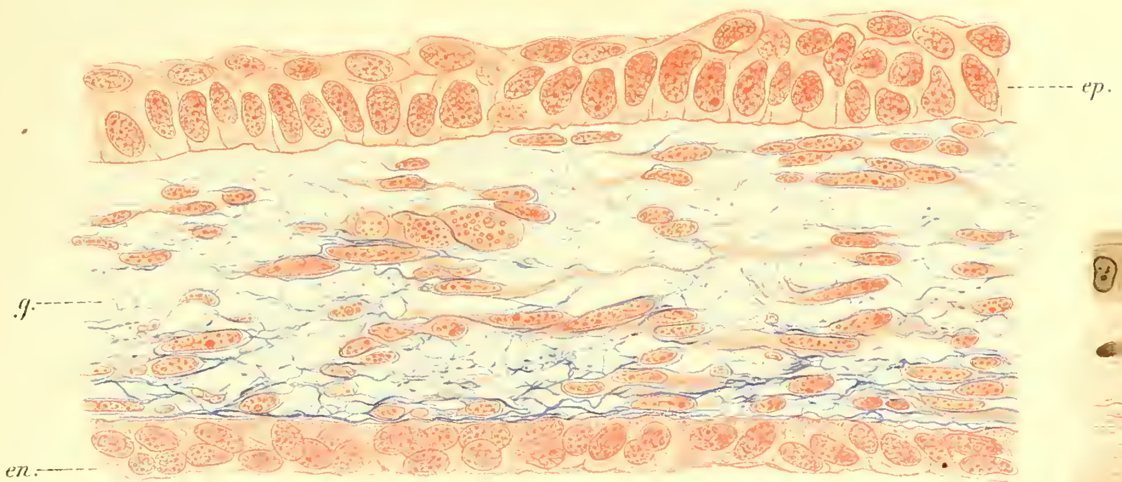
ep = Epithel, *g* = Anlage der Hornhautgrundsubstanz, *en* = DESCEMETsches Endothel, *B* = BOWMANsche Membran.



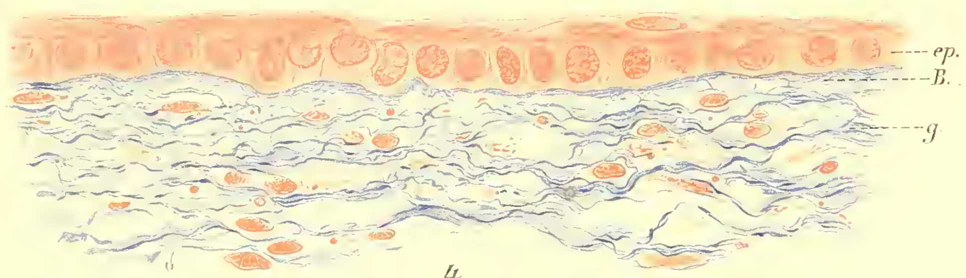
2.



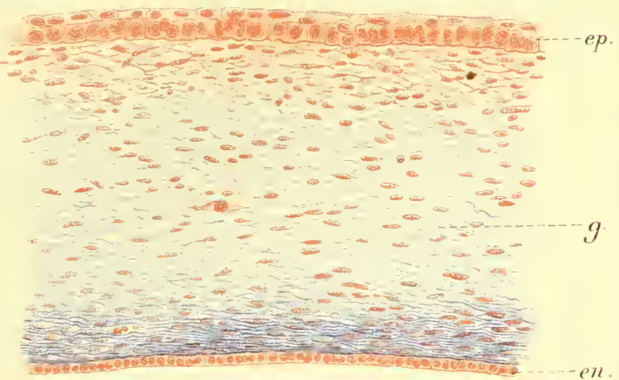
5.



1.



3.



4.

A. Fiedler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Tafel XXVIII.

Entwicklung der Iris und des Corpus ciliare bei Föten des 3. und 4. Monats.

Tafel XXVIII.

Fig. 1. Vorderer Augenabschnitt eines 76 mm langen menschlichen Fötus (3. Monat). Das Präparat ist vollständig entpigmentiert. Der Glaskörper ist weder bei dieser noch bei den anderen Figuren dieser Tafel eingezeichnet.

S = Sklera, *c* = Kornea, *mp* = Pupillarmembran, *l* = Linse, *N* = Netzhaut, *p* = Pigmentepithel, *sa* = Ringsinus.

Fig. 2. Vorderer Augenabschnitt eines 80 mm langen Fötus (3. Monat).

pc = Erste Anlage der Processus ciliares. Das Präparat ist nur teilweise entpigmentiert.

Fig. 3. Vorderer Augenabschnitt eines Fötus von 80 mm Scheitelsteißlänge (4. Monat). Ganze Länge unbekannt, etwa 130 mm.

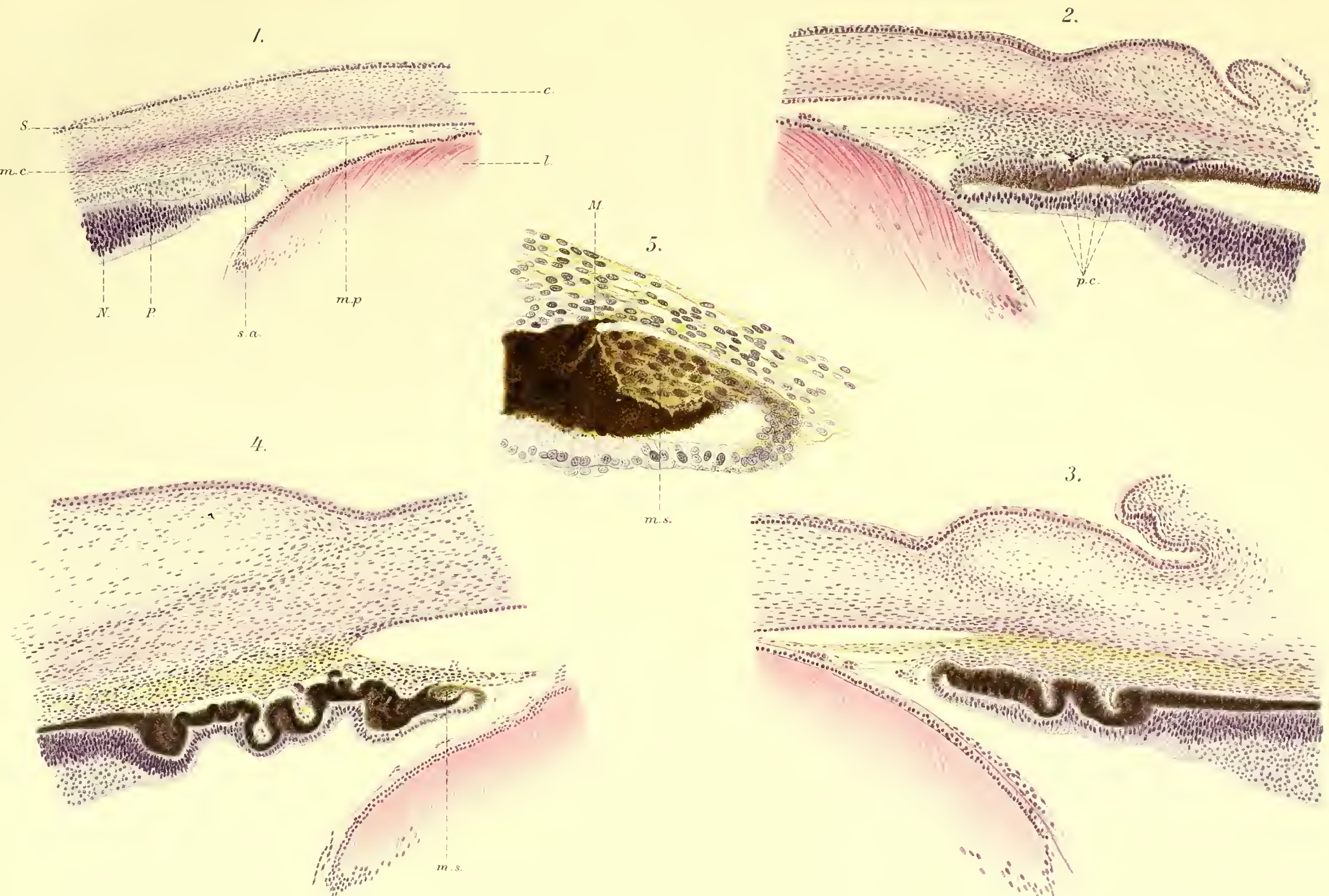
Fig. 4. Vorderer Augenabschnitt eines Fötus von 170 mm Länge (4. Monat).

ms = Musculus sphinkter.

Fig. 5. Der Pupillarrand von Fig. 4 bei stärkerer Vergrößerung.

M = MICHELscher Pigmentsporn.

Die Figuren 1—4 dieser Tafel sind bei gleicher Vergrößerung gezeichnet.



A. Fiedler gez.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig
Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig

Tafel XXIX.

Entwicklung der Iris und des Corpus ciliare bei Föten des 5.—7. Monats.

Tafel XXIX.

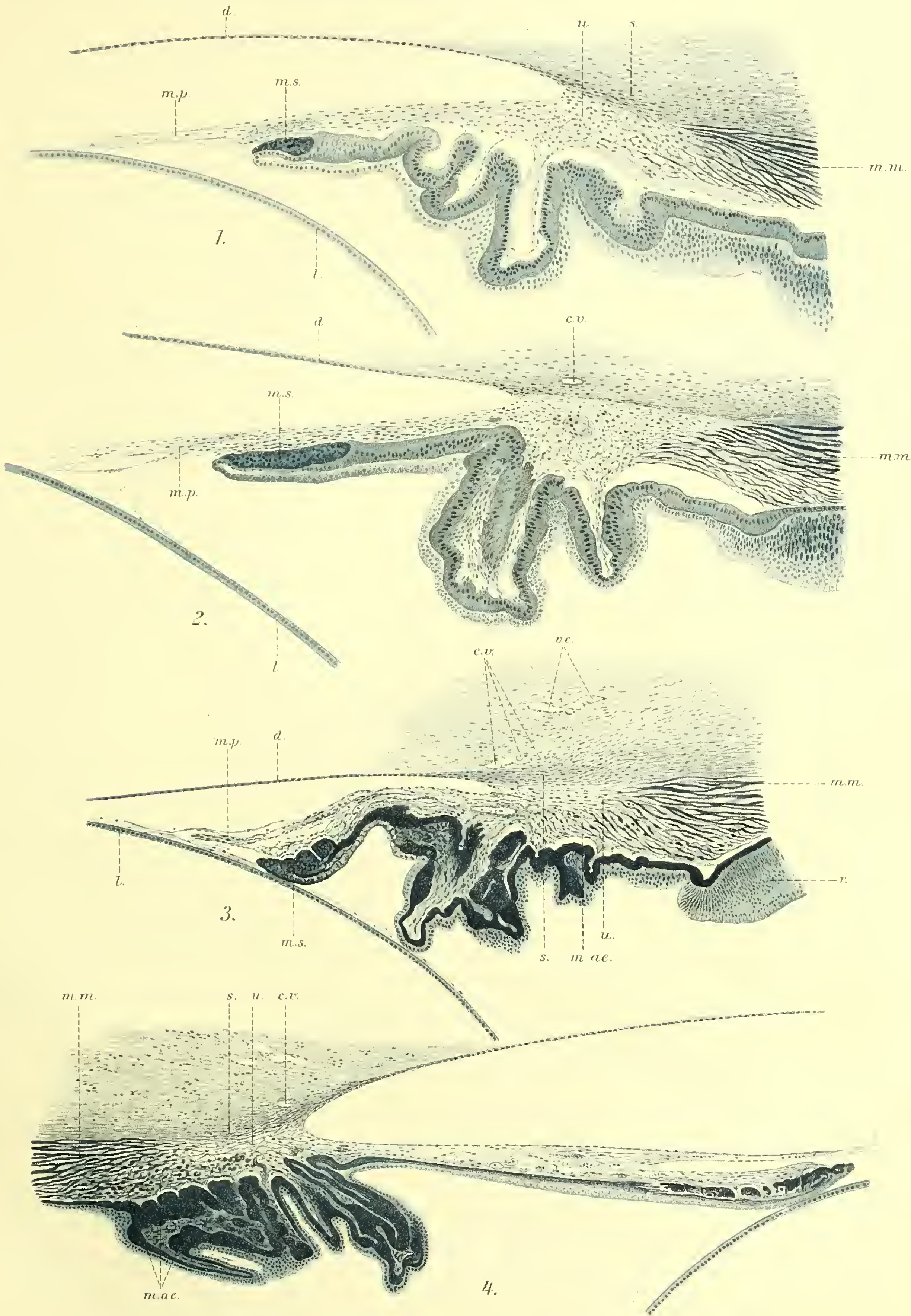
Fig. 1. Iris und Corpus ciliare eines 210 mm langen menschlichen Fötus (5. Monat).
d = DESCEMETsche Membran, *u* = uveales, *s* = sklerales Gerüstwerk, *ms* = Musculus sphinkter, *mp* = Pupillarmembran, *mm* = meridionale Portion des Ziliarmuskels, *l* = Linse.

Fig. 2. Iris und Corpus ciliare eines Fötus vom Ende des 5. Monats. 265 mm lang.
cv = Circulus venosus Schlemmii.

Fig. 3. Iris und Corpus ciliare eines Fötus des 6. Monats.
vc = Vasa ciliaria, *r* = Retina, *mac* = äquatoriale Portion des Ziliarmuskels.

Fig. 4. Iris und Corpus ciliare eines 340 mm langen Fötus (Anfang 7. Monat).

Sämtliche Präparate dieser Tafel waren ganz entpigmentiert und sind nach HELD gefärbt. Die Figuren 1—3 sind bei gleicher Vergrößerung, Figur 4 bei schwächerer Vergrößerung gezeichnet.



A. Fiedler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Lith. Anst v E. A. Funke, Leipzig

Tafel XXX.

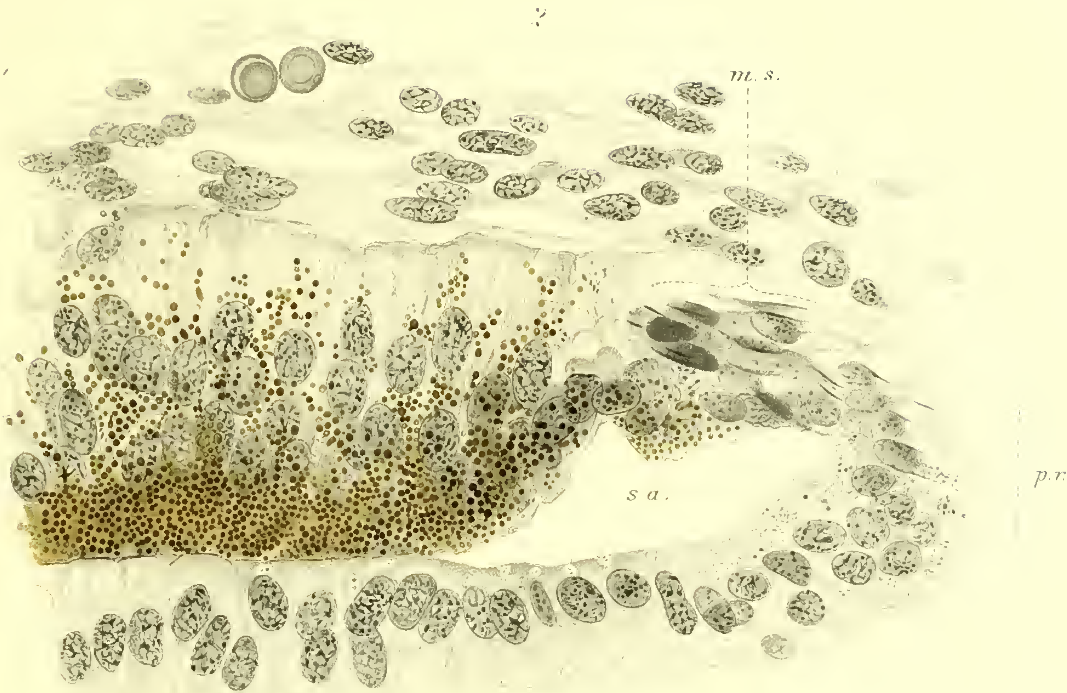
Erste Entwicklung des Musculus sphinkter.

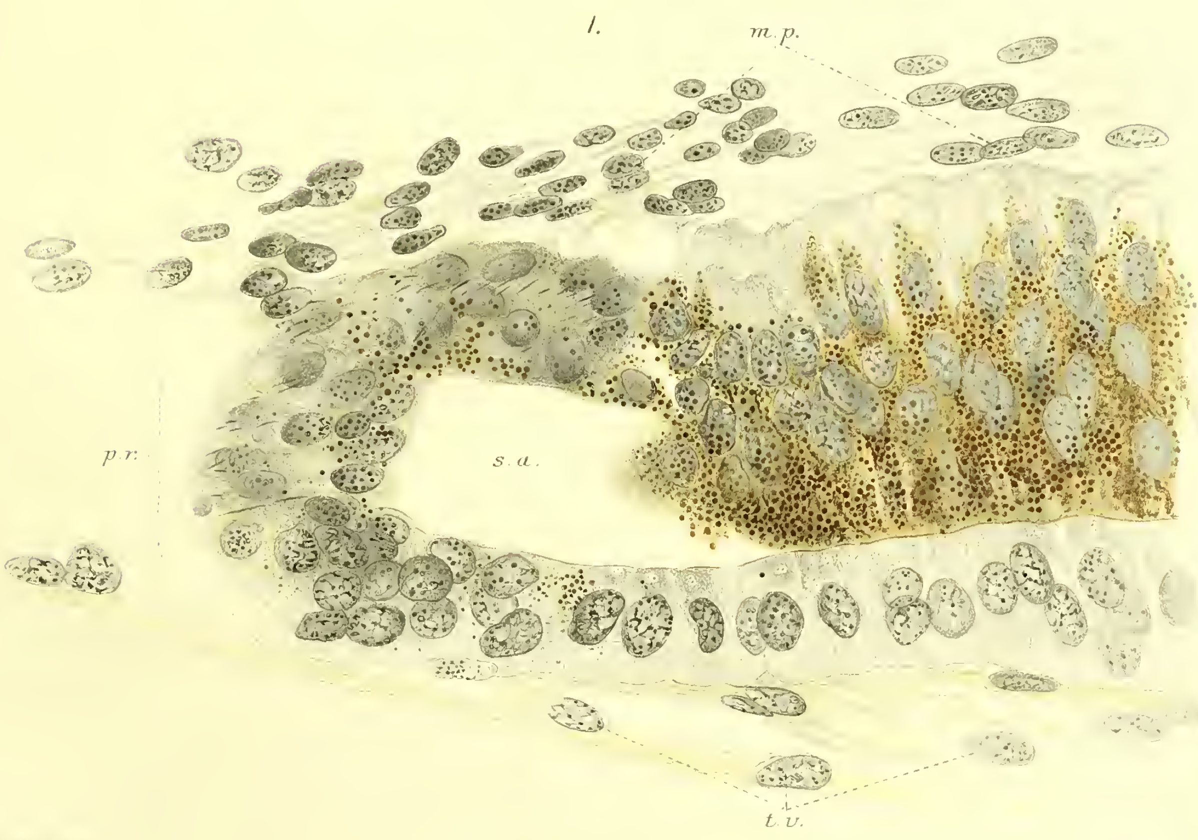
Tafel XXX.

Fig. 1. Pupillarer Abschnitt der Iris eines 153 mm langen menschlischen Fötus (4. Monat). *mp* = Pupillarmembran, *pr* = Pupillarrand, *sa* = Sinus anularis, *tv* = Tunica vasculosa lentis.

Fig. 2. Eine andere Stelle aus dem pupillaren Abschnitt des gleichen Fötus.

Die Präparate sind teilweise entpigmentiert und nach HELD gefärbt. Vergrößerung 1 : 1000.





Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Tafel XXXI.

Weitere Entwicklung des Musculus sphinkter und erste Entwicklung des Musculus dilatator.

Tafel XXXI.

Fig. 1. Pupillarer Abschnitt der Iris eines 180 mm langen menschlichen Fötus.
ms = Musculus sphinkter, *MZ* = Muskelzelle, *m* = Mitose.

Fig. 2. Der an den Sphinkter angrenzende ziliare Abschnitt der Iris eines Fötus des 6. Monats.
ms = Musculus sphinkter, *is* = Irisstroma, *md* = Musculus dilatator.

Die beiden Präparate sind teilweise entpigmentiert und nach HELD gefärbt.
Vergrößerung 1 : 1000.

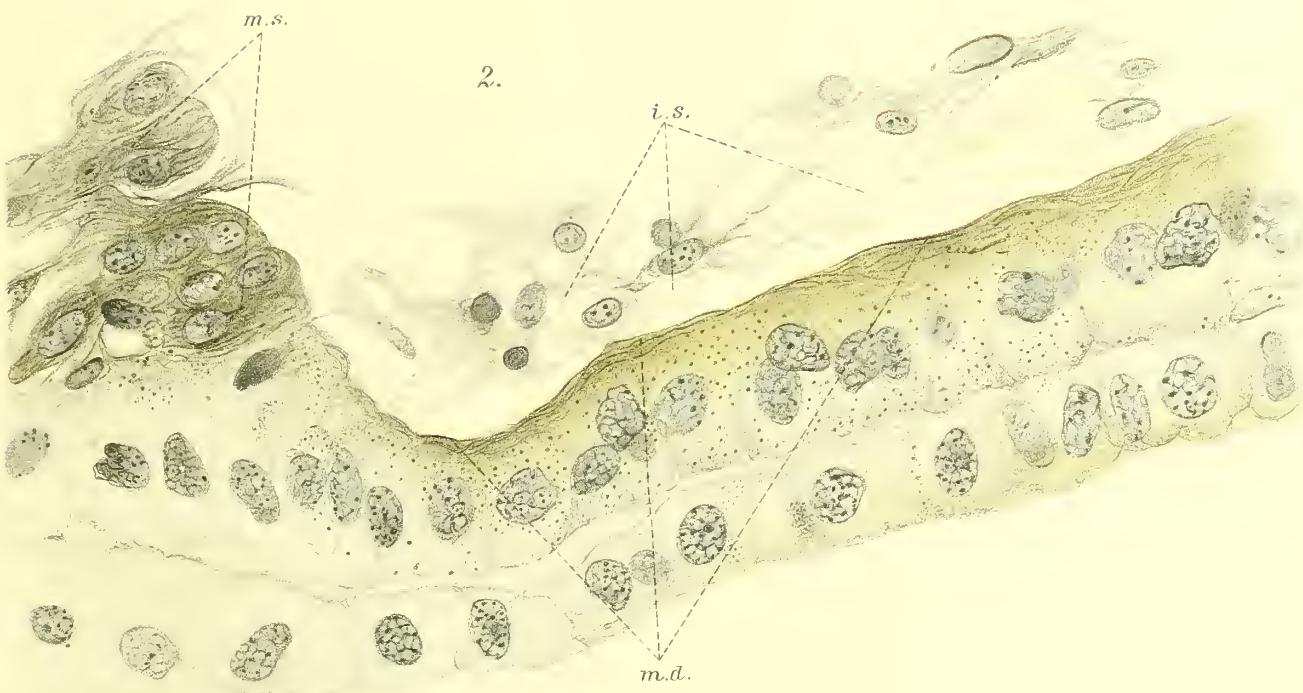
1.

m.s.

M.Z.

m

s.a.



dler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Lith. Anst. v. E. A. Fu

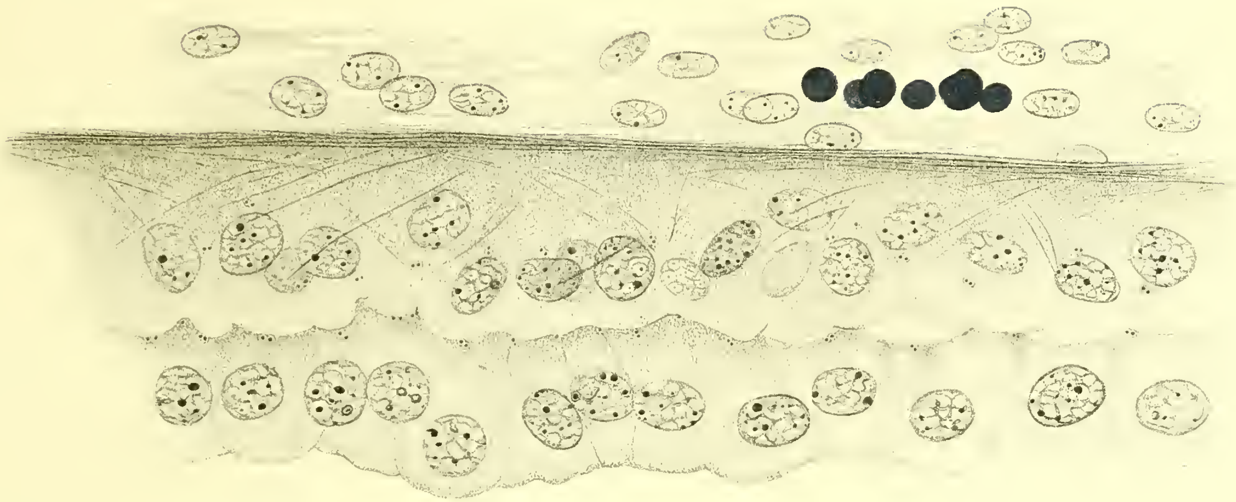
Tafel XXXII.

Die weitere Entwicklung des Musculus dilatator vom 7. Monat bis zur Geburt.

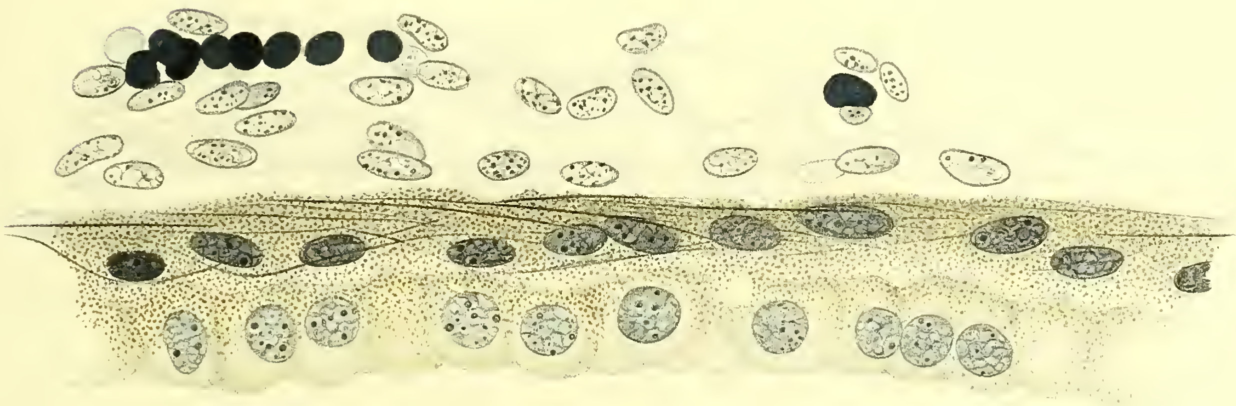
Tafel XXXII.

Fig. 1. Musculus dilatator bei einem 340 mm langen menschlichen Fötus (Mitte der Iris.)
Fig. 2. Musculus dilatator bei einem 420 mm langen menschlichen Fötus (Mitte der Iris).
Fig. 3. Musculus dilatator bei einem Neugeborenen, HELDfärbung. Vergrößerung 1 : 1000.

1.



2.



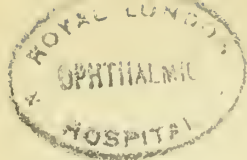
3.



A. Pfeiffer gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig


OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XXXIII.

Die weitere Entwicklung der Iris und des Corpus ciliare bis zur Geburt.

Tafel XXXIII.

Fig. 1. Übersichtsbild der Iris eines 340 mm langen menschlichen Fötus.
md = musculus dilatator, *ms* = musculus sphinkter, *sc* = Sphinkterkapillare, *mp* = Pupillarmembran, *pr* = Pupillarrand.

Fig. 2. Kammerbucht und Corpus ciliare des gleichen Fötus wie in Fig. 1. Erklärung der Abkürzungen siehe Tafel XXIX.

Fig. 3. Pupillare Irishälfte eines 400 mm langen menschlichen Fötus (8. Monat).
fp = Fußpunkt der Pupillarmembran, *ik* = Iriskrypte, *sp* = FUCHSscher Pigmentsporn, *n* = MICHELscher Pigmentsporn.

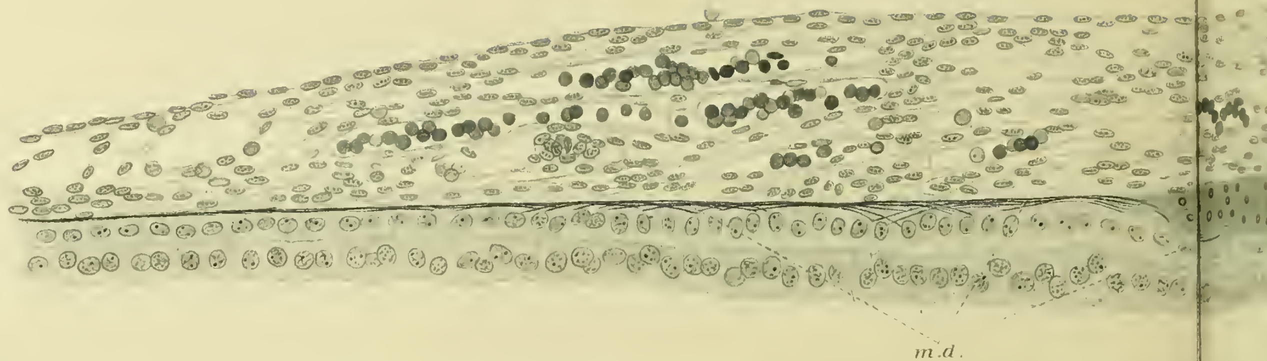
Fig. 4. Iris eines 450 mm langen menschlichen Fötus (9. Monat).
ik = Iriskrypten, *fp* = Fußpunkt der Pupillarmembran, *sp* = FUCHSsche Sporne, *n* = MICHELscher Sporn, *hk* = hyaline Kugeln.

Fig. 5. Abschnitt aus dem Sphinktergebiet der Iris eines Fötus des 9. Monats.
KZ = Klumpenzellen, *S* = Pigmentsporne, *ms* = Musculus sphinkter.

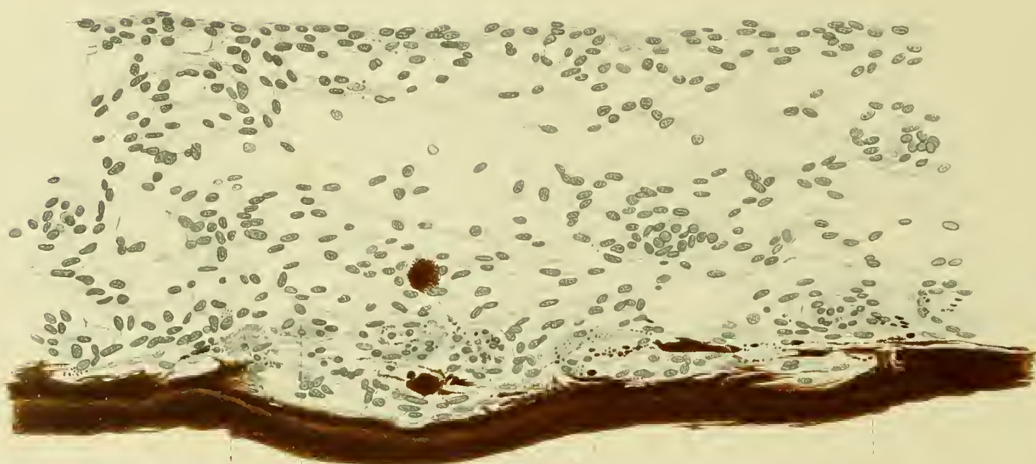
Fig. 6. Junge Chromatophoren aus der Iris des gleichen Fötus wie in Fig. 5.



1.

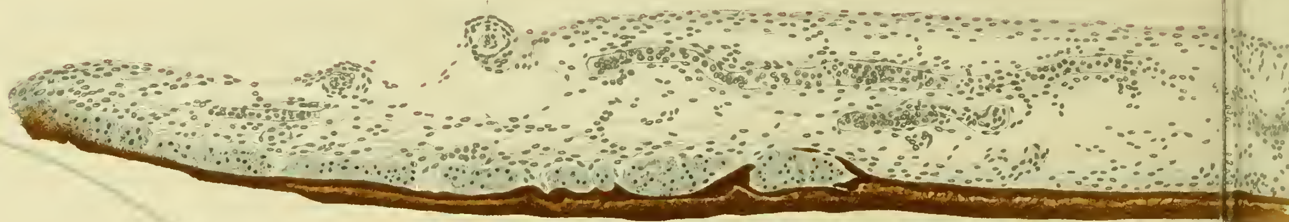


5.

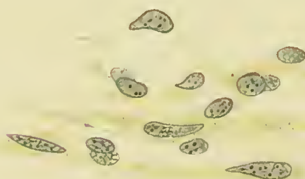


i.K.

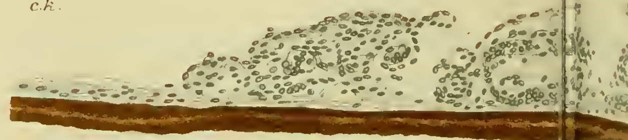
3.

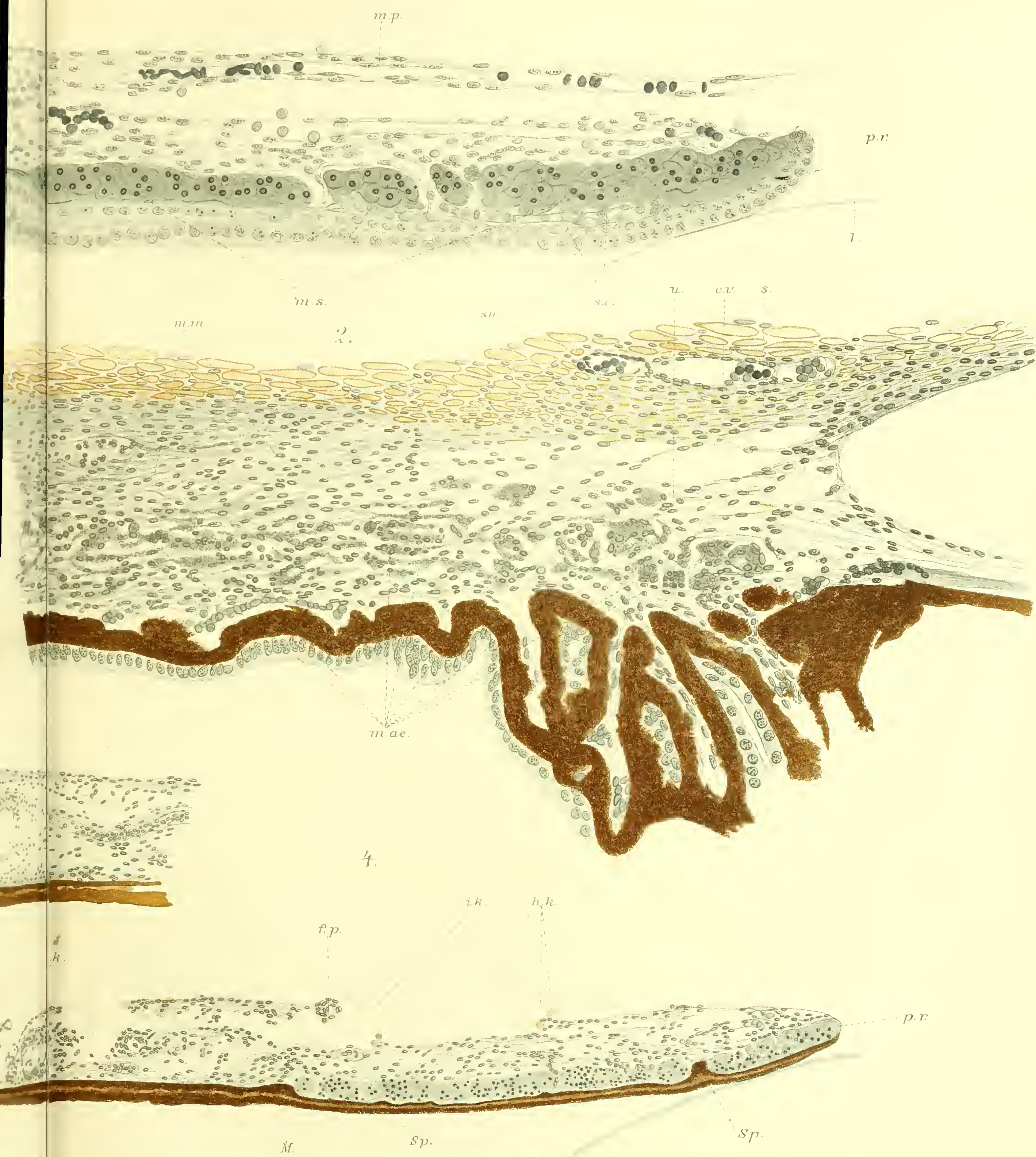


6.



c.k.




m.p.
p.r.
l.
m.s.
s.c.
u.
c.v.
s.
m.m.
2.
m.ae.
4.
i.k.
h.k.
f.p.
p.r.
M.
Sp.
Sp.

Tafel XXXIV.

Entwicklung der Pupillarmembran und Kammerbucht.

Tafel XXXIV.

Fig. 1. Kammerbuchtregion eines 88 mm langen menschlichen Fötus.

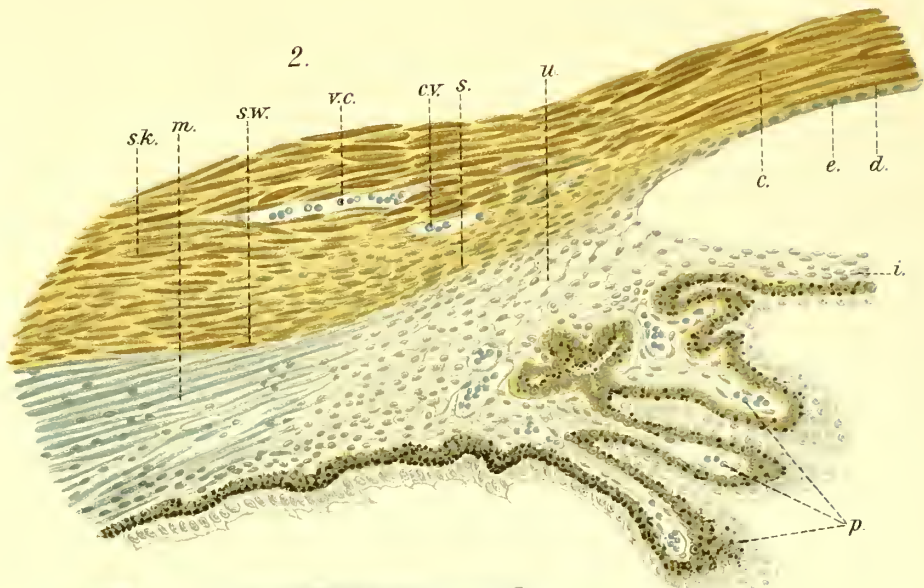
c = Kornea, *sk* = Sklera, *cv* = Circulus venosus Schlemmii, *s* = Anlage des skleralen Gerüstwerks, *mp* = Pupillarmembran, *m* = Anlage des Ziliarmuskels, *mc* = Membrana capsulopupillaris, *b* = Augenbecherrand, *k* = Linsenkapsel, *e* = Linsenepithel.

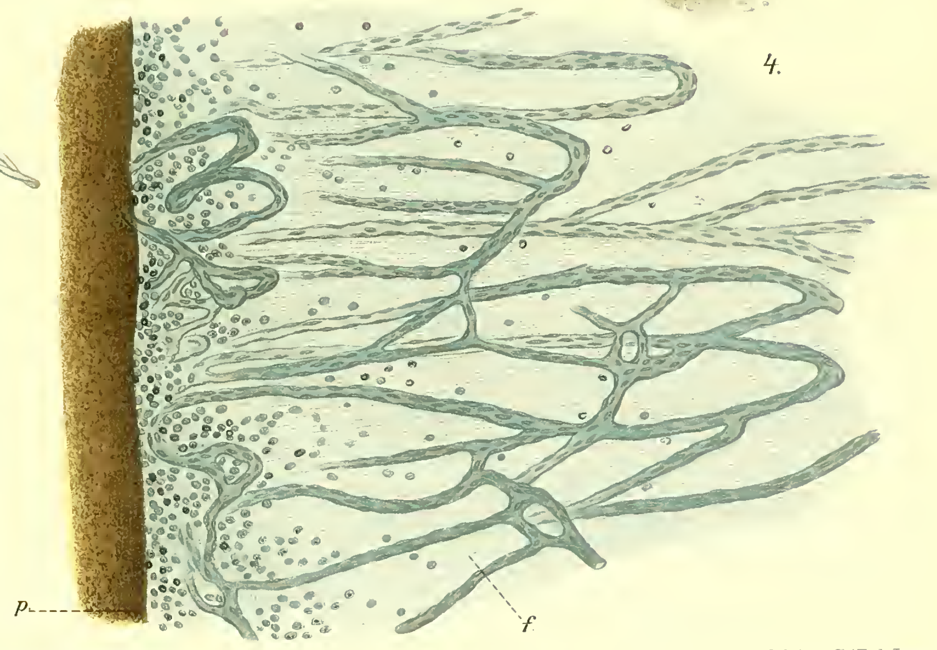
Fig. 2. Kammerbucht eines 300 mm langen menschlichen Fötus (6. Monat).

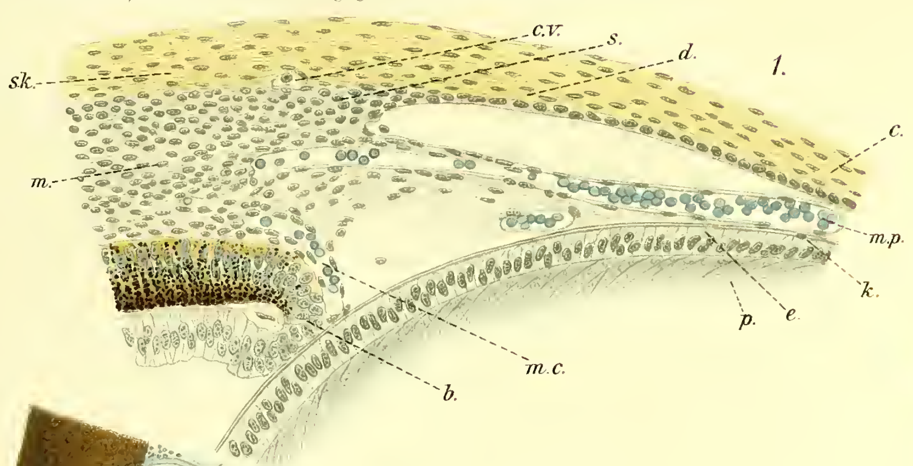
Erklärung der Abkürzungen siehe Tafel XXIX.

Fig. 3 und 4. Pupillarmembran eines Fötus des 5. Monats bei schwächerer (Fig. 3) und stärkerer (Fig. 4) Vergrößerung.

p = Pupillarrand, *f* = Fibrillen der Pupillarmembran.









A. Fiedler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

Tafel XXXV.

Horizontalschnitte durch die Augenanlagen und das angrenzende Orbitalgewebe von Föten des 3.—6. Monats.

Entwicklung der Sklera und der Tenonschen Kapsel.

Tafel XXXV.

Fig. 1. Horizontalschnitt durch die Augenanlage und das angrenzende Orbitalgewebe eines Fötus von 80 mm größter Länge.

c = Kornea, *cj* = Konjunktiva, *s* = Sklera, *r* = Retina, *no* = Nervus opticus, *o* = Orbitales Bindegewebe, *rl* = musculus rectus lateralis, *S* = Muskelsehne, *gl* = glandula lacrimalis, *fT* = Capsula Tenoni. (Färbung = Hämalaun — VAN GIESON.) LEITZ Obj. 3 Ok. 4.

Fig. 2. Horizontalschnitt durch die Augenanlage und das angrenzende Orbitalgewebe eines Fötus des 5. Monats.

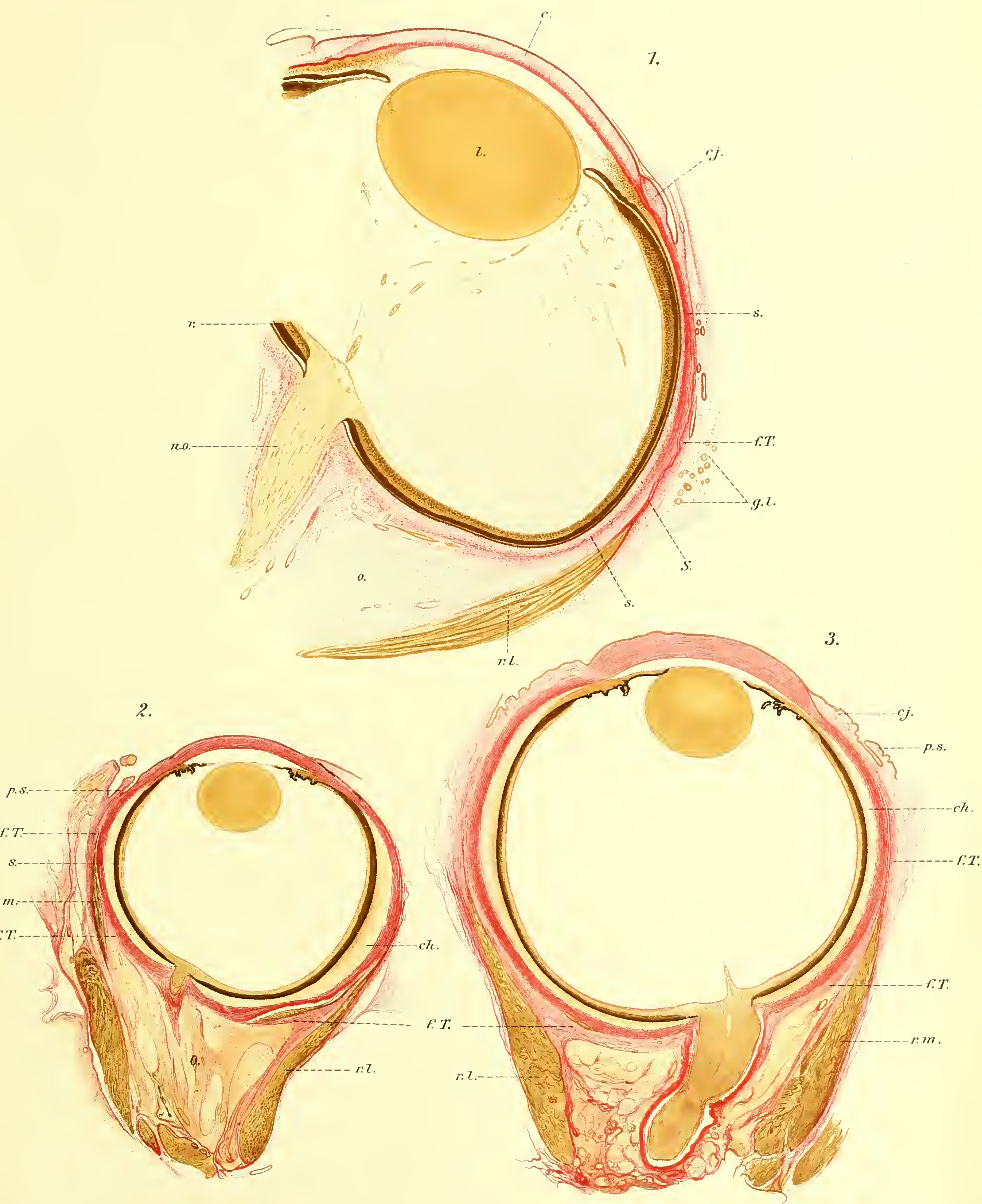
ps = Plica semilunaris, *fT* = Capsula Tenoni, *s* = Sklera, *rm* = Musculus rectus medialis, *ch* = Chorioidea (durch Schrumpfung auseinandergezerrt), *rl* = musculus rectus lateralis. Lupenvergrößerung.

Fig. 3. Horizontalschnitt durch die Augenanlage und das angrenzende Orbitalgewebe eines Fötus des 6. Monats.

Erklärung der Abkürzungen siehe unter 1 und 2.

Lupenvergrößerung.

Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.



A. Fiedler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.

Lith. Anst. v. F. A. Funke Leipzig



Tafel XXXVI.

Entwicklung der Aderhaut bei Föten des 3.—6. Monats.

Tafel XXXVI.

Fig. 1. Aderhautanlage bei einem 80 mm langen Fötus. In dem abgebildeten Bezirk ist auch noch ein kleiner Abschnitt der Sklera sowie der Optikusscheiden enthalten. Das Präparat ist nach WEIGERT auf elastische Fasern gefärbt.

r = Retina, *no* = nervus opticus, *le* = Lamina elastica, *chk* = Choriokapillaris, *s* = Sklera.

Vergrößerung = 1 : 1000.

Fig. 2. Aderhautanlage eines Fötus des 6. Monats.

Färbung nach WEIGERT, Orange-G Gegenfärbung.

le = Lamina elastica, *p* = Pigmentepithel, *k* = kollagenes Gewebe zwischen *le* und *p*.

Vergrößerung 1 : 1000.

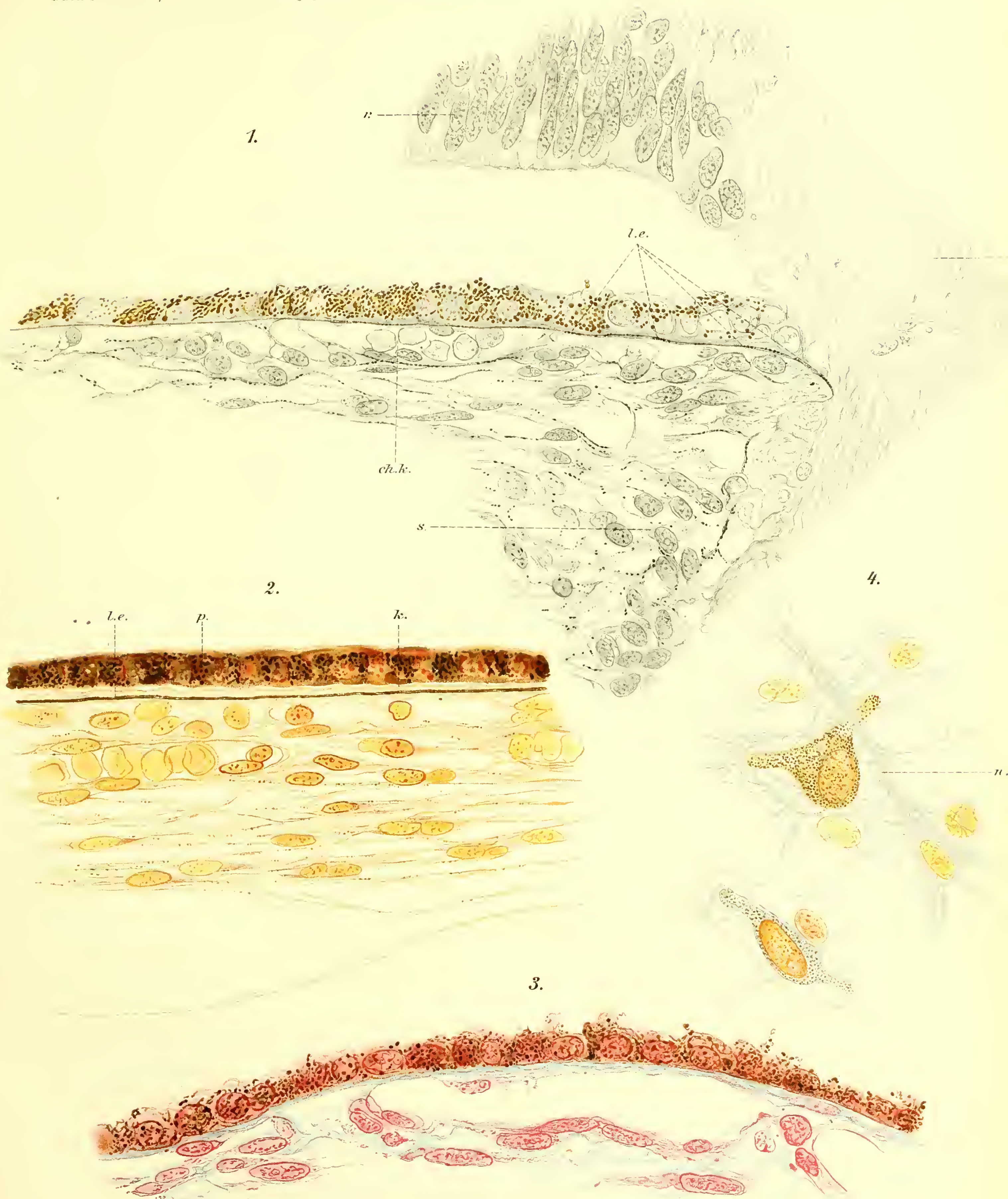
Fig. 3. Choriokapillaris und Pigmentepithel bei einem 80 mm langen Fötus. Es handelt sich um den gleichen Fötus und einen gleichen Abschnitt der Aderhaut wie in Fig. 1. Färbung nach MALLORY.

Vergrößerung 1 : 1500.

Fig. 4. Chromatophoren in der Suprachorioidea eines Fötus vom Ende des 5. Monats.

n = Nervenfasern.

Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.



A Fiedler gez

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.
Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig

Tafel XXXVII.

Entwicklung des Sehnerven bei Embryonen von 6,5 und 8 mm größter Länge.

Tafel XXXVII.

Fig. 1 und 2. Querschnitte durch den Augenblasenstiel eines 6,5 mm langen Embryos. Fig. 1 entspricht einem unmittelbar am Augenbecher, Fig. 2 einem in der Nähe der Hirnanlage gelegenen Abschnitte.

Vergrößerung: Zeiß Comp. Ok. 6, Apochr. 16.

Fig. 3 bis 7. Querschnitte durch den hinteren Abschnitt des Augenbechers und den Augenblasenstiel eines 8 mm langen Embryos.

Fig. 3 zeigt noch den hintersten Abschnitt des Augenbechers. (*au.*) *ah* = arteria hyaloidea,

Fig. 4 den Übergang des Augenbechers in den Augenblasenstiel,

Fig. 5 und 6 mehr zerebral gelegene Schnitte,

Fig. 7 den Übergang des Augenblasenstiels in das Gehirn. *ro* = recessus opticus.

Vergrößerung wie oben. Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.

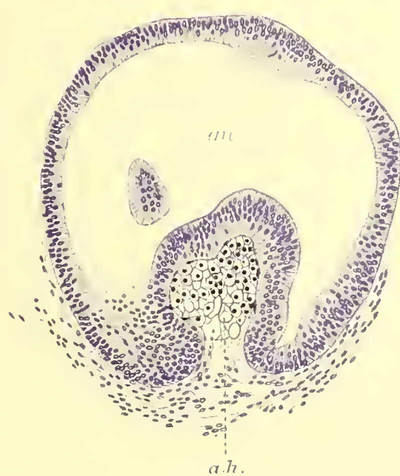
1.



2.



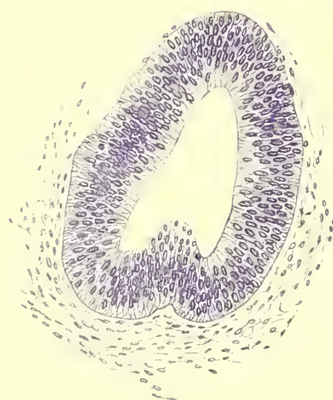
3.



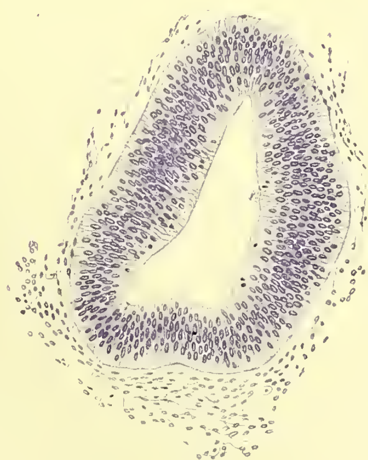
4.



5.



6.



7.



Verlag v Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin
Lith. Anst. v E. A. Funke Leipzig


ROYAL LON
OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XXXVIII.

Entwicklung des Sehnerven bei Embryonen von 9,0 und 12,7 mm größter Länge.

Tafel XXXVIII.

Fig. 1 bis 4. Sehnervenquerschnitte durch den Augenblasenstiel eines 9,0 mm langen Embryos. Die Schnitte entsprechen verschiedenen Abschnitten des Stiels in der Richtung vom Augenbecher zur Hirnanlage.

ah = Arteria hyaloidea, *ro* = Recessus opticus.

Vergrößerung wie Tafel XXXVII.

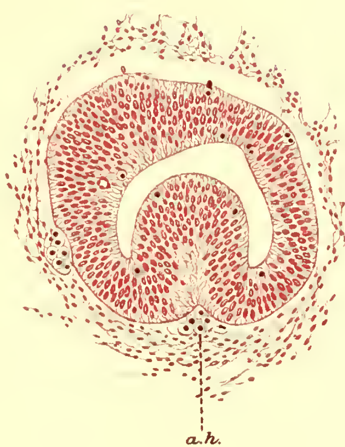
Fig. 5 bis 10. Sehnervenquerschnitte durch den Augenblasenstiel eines 12,7 mm langen Embryos. Die Schnitte entsprechen verschiedenen Abschnitten des Stiels in der Richtung vom Augenbecher zur Hirnanlage. Abkürzungen und Vergrößerung wie oben.

Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.

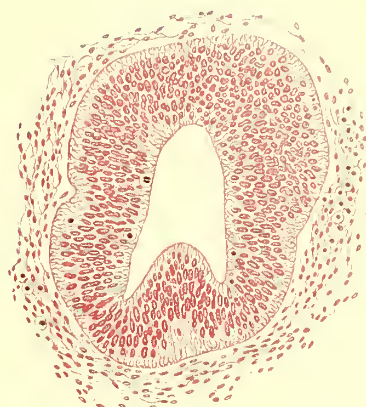
1.



2.



3.



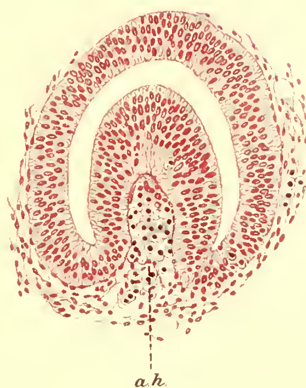
4.



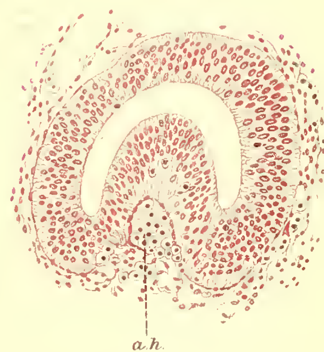
5.



6.



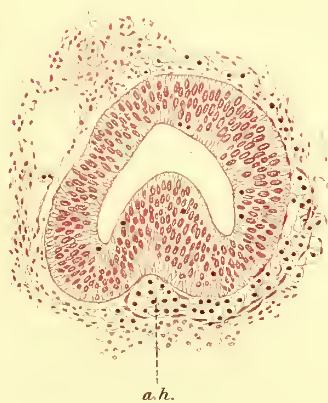
7.



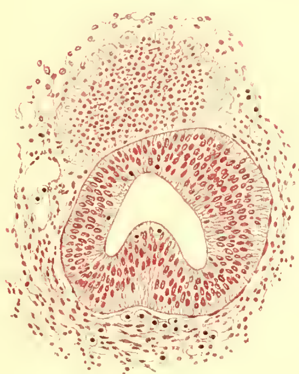
10.



8.



9.



A. Fiedler gez.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.
Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig


ROYAL LONDON
OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XXXIX.

Entwicklung des Sehnerven bei einem 14,5 mm langen Embryo.

Tafel XXXIX.

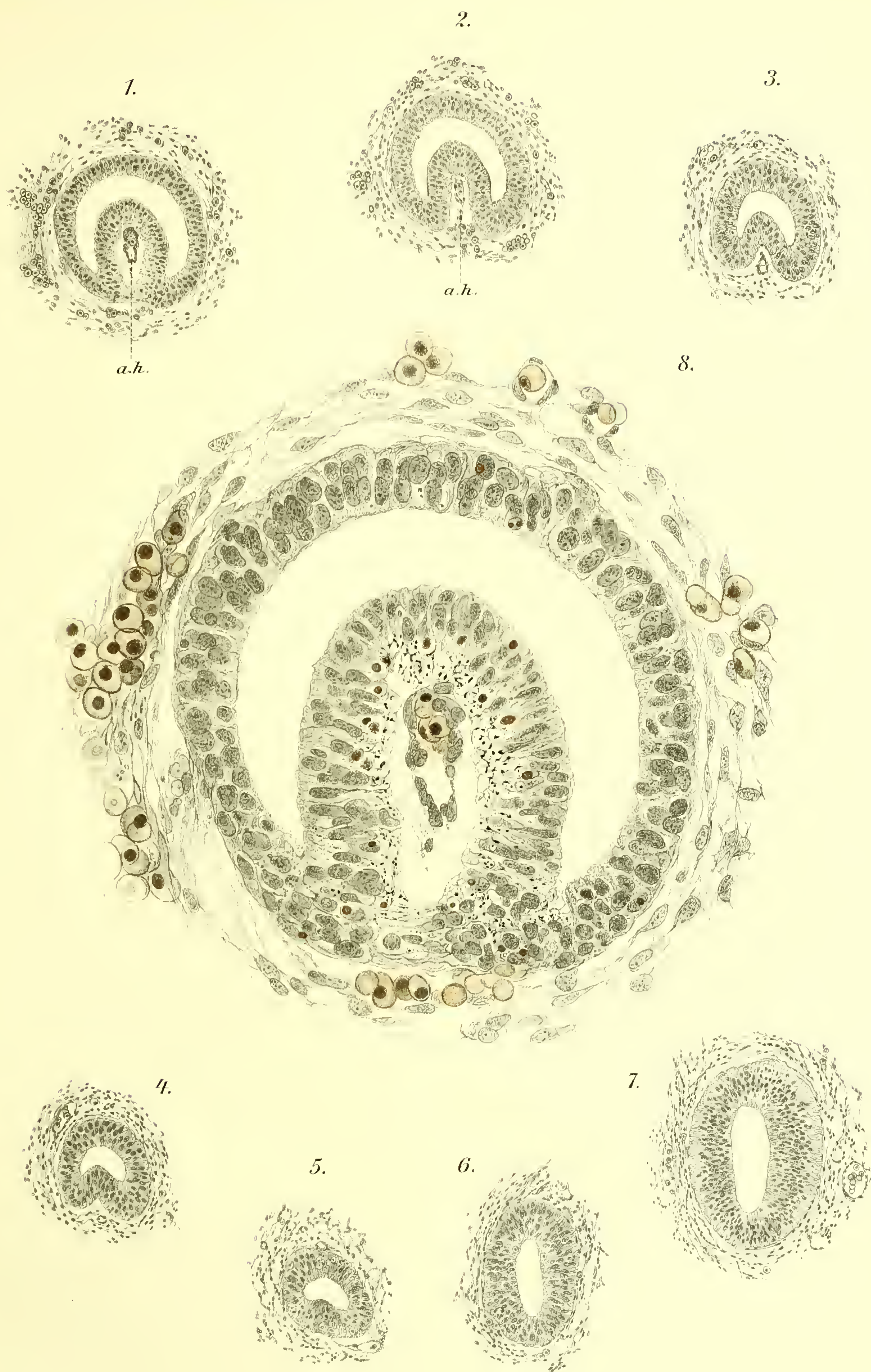
Fig. 1 bis 7. Querschnitte durch den Augenblasenstiel eines 14,5 mm langen Embryos. Die Schnitte entsprechen verschiedenen Abschnitten des Sehnerven in der Richtung vom Augenbecher zum Gehirn.

ah = arteria hyaloidea.

Vergrößerung wie auf Tafel XXXVII und XXXVIII.

Fig. 8 zeigt den unmittelbar an den Augenbecher angrenzenden Abschnitt des Sehnerven (Fig. 1) bei starker Vergrößerung. Die schwarzen Punkte im Randschleier und dem ventralen Sehnervenabschnitte entsprechen Nervenfasern.

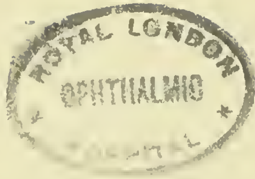
Der Embryo befindet sich im Besitze SEEFELDERS.



A. Fiedler gez.

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.


ROYAL LONDON
OPHTHALMIC

Tafel XL.

Entwicklung des Sehnerven bei einem 19 und 65 mm langen Embryo.

Tafel XL.

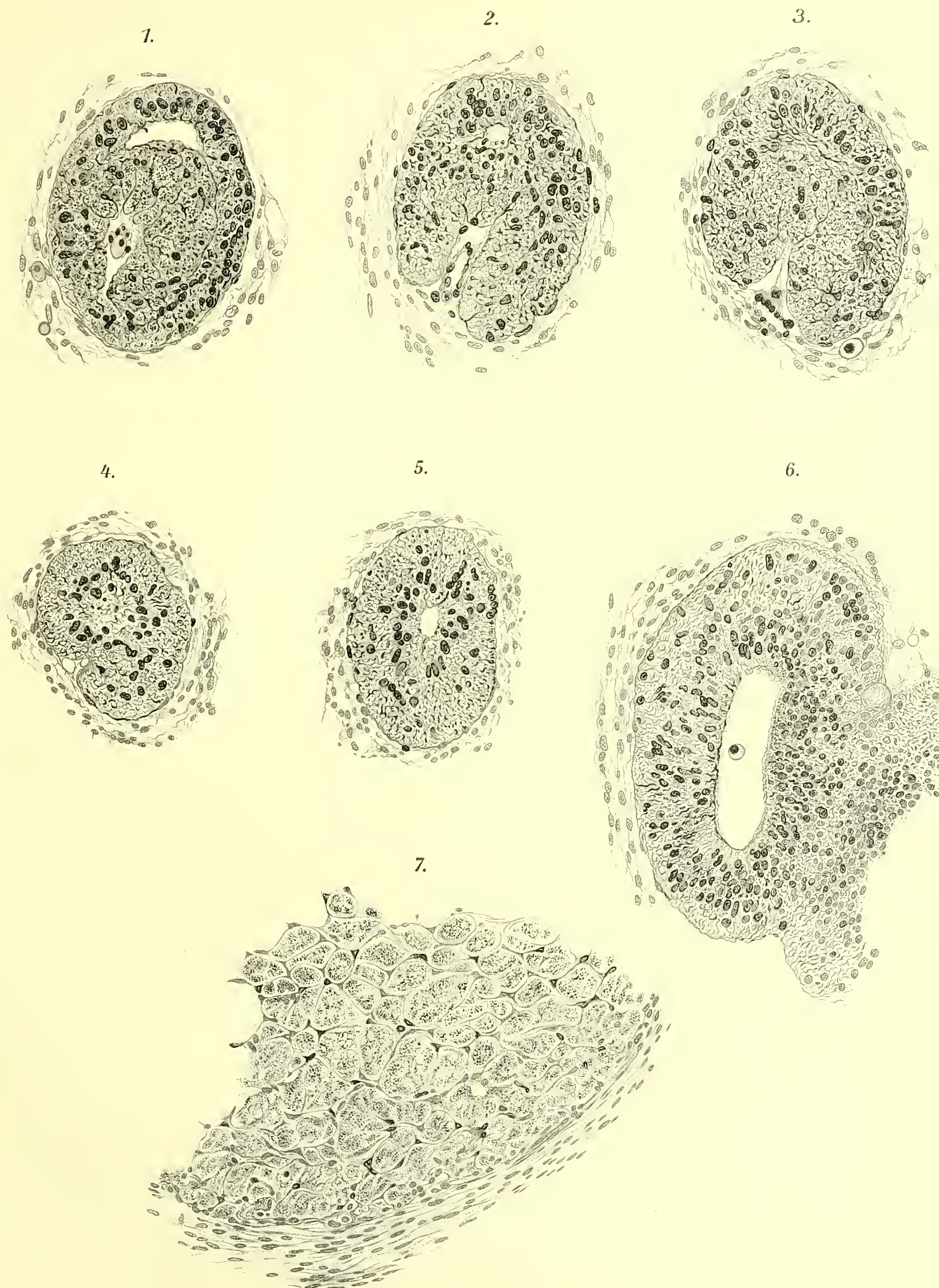
Fig. 1 bis 6. Querschnitte durch den Sehnerven eines 19 mm langen Embryos. Die Schnitte verlaufen in der Richtung vom Auge zum Gehirn.

ZEISS Komp. Ok. 6, Apochr. 8.

Fig. 7. Segment aus dem Sehnervenquerschnitt eines 65 mm langen Fötus.

ZEISS Komp. Ok. 8, Apochr. 8.

Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.



A. Fiedler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig


ROYAL LONDON
OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XLI.

Entwicklung des Sehnerven bei einem 19 mm langen Embryo.

Tafel XLI.

Sehnervenquerschnitt eines 19 mm langen Embryos. Die Abbildung entspricht einem in unmittelbarster Nähe des Auges gelegenen Abschnitte. (Vgl. Fig. 1 Tafel XL.)

Vergrößerung ZEISS Komp. Ok. 6, Obj. Öl-Immers. Apochr. 3,0, gezeichnet mit Benutzung von Apochr. 2,0.



A. Fiedler gez

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.

Tafel XLII.

Fig. 1. Segment aus dem Sehnervenquerschnitt eines 210 mm langen Fötus.

nf = Nervenfasern, *S* = mesodermales Septengewebe, *P* = Pialscheide.

Vergrößerung ZEISS Komp. Ok. 8, Apochr. 8.

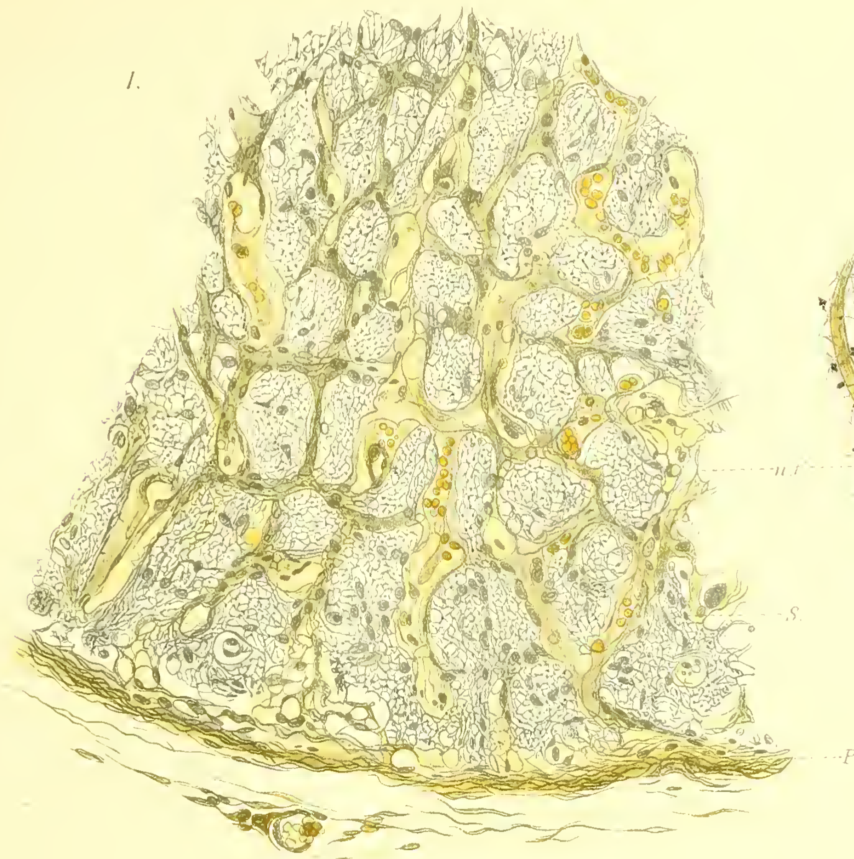
Fig. 2. Abschnitt aus dem gleichen Sehnerven bei stärkerer Vergrößerung. ZEISS Komp. Ok. 8, Apochr. 3.

Fig. 3. Horizontal-(Längs-)Schnitt durch den hinteren Augenabschnitt eines 14,5 mm langen Embryos.

l = Linse, *cv* = corpus vitreum, *r* = Retina, *n* = Nervenfasern, *g* = Ganglienzellen, *k* = primitive Kernzone, *no* = nervus opticus, *ah* = arteria hyaloidea, *pe* = Pigmentepithel.

ZEISS Komp. Ok. 6, Apochr. 8.

Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.







A. Fiedler gez.

Wilhelm Engelmann

Lith. Anst.


ROYAL LONDON
OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XLIII.

Entwicklung des Sehnerven bei Embryonen vom Ende des 2. und der Mitte des 3. Monats.

Tafel XLIII.

Fig. 1. Horizontalschnitt durch den Sehnerveneintritt eines 19 mm langen Embryos.
ZEISS Komp. Ok. 6, Apochr. 8.

Fig. 2. Horizontalschnitt durch den Sehnerveneintritt eines 75 mm langen Embryos.
ah = arteria hyaloidea, *gm* = Gliamantel, *zG* = zentraler Glaskörper.
ZEISS Komp. Ok. 6, Apochr. 8.

Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.



A. Fiedler gez.
Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig


ROYAL
OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XLIV.

Entwicklung des Sehnerven bei einem Fötus vom Anfang des 3. und Ende des 4. Monats.

Tafel XLIV.

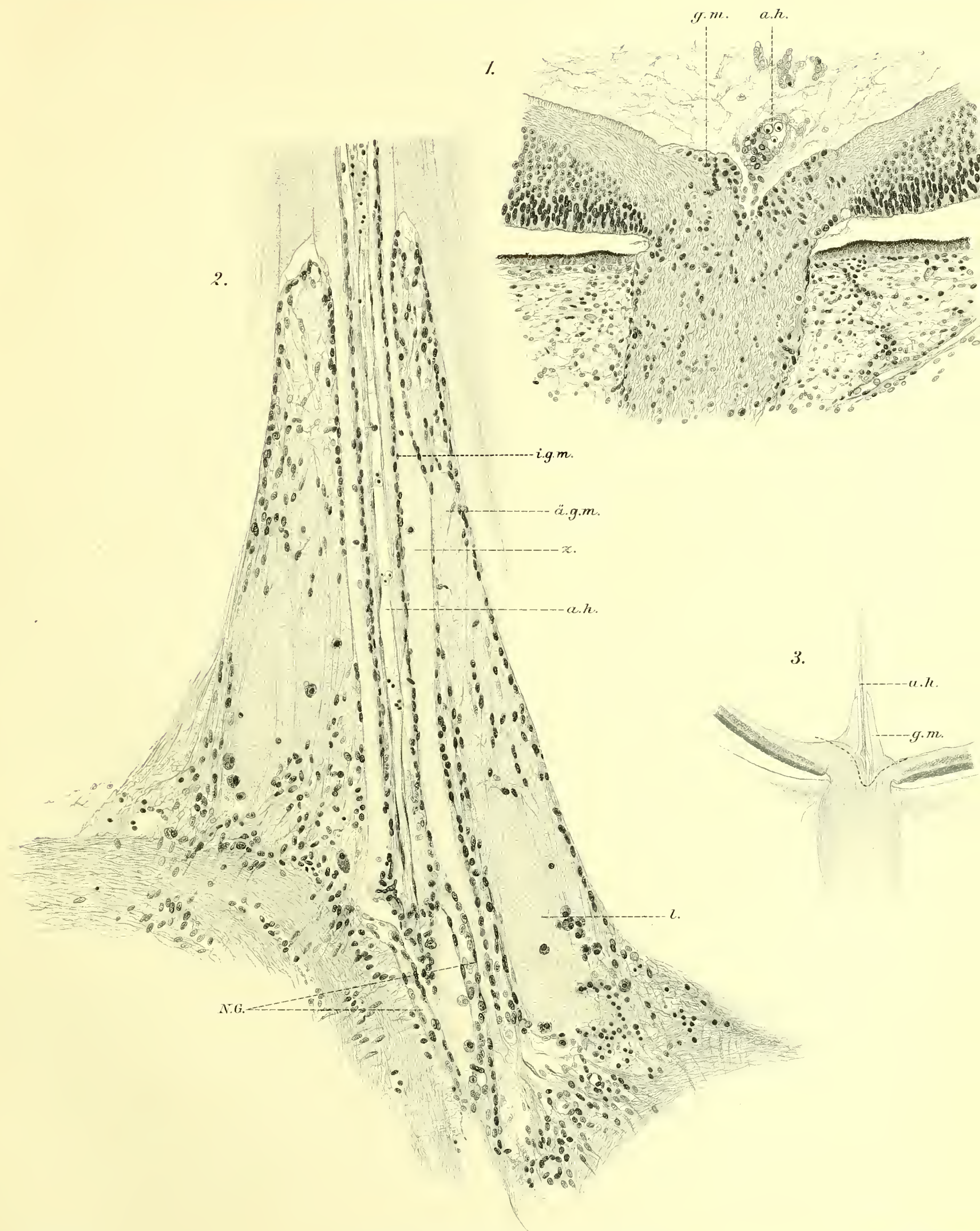
Fig. 1. Sehnerveneintritt eines 28 mm langen Fötus.

gm = Gliamantel, *ah* = arteria hyaloidea.

Fig. 2 zeigt den eingeklammerten Bezirk von Fig. 3 (Sehnervenlängsschnitt eines 180 mm langen Fötus) bei stärkerer Vergrößerung.

ägm = äußerer Gliamantel der arteria hyaloidea, *igm* = innerer Gliamantel der arteria hyaloidea, *Z* = Zwischenraum zwischen äußerem und innerem Gliamantel, *l* = Lücken im Gliamantel, die zum Teil von freien und in Auswanderung begriffenen Gliazellen ausgefüllt sind, *NG* = Neugebildete Gefäßzweige der arteria hyaloidea.

Sämtliche Präparate im Besitze Seefelders.



A. Fiedler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig


ROYAL LONDON
OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XLV.

Entwicklung der Netzhaut bei Embryonen von 2,5—4,9 mm Länge und bei Föten des 3. und 4. Monats.

Tafel XLV.



Fig. 1.
Form der Augenanlage eines 2,5 mm langen Embryos.



Fig. 2.
Form der Augenanlage eines 4,0 mm langen Embryos.



Fig. 3.
Form der Augenanlage eines 4,9 mm langen Embryos.

Fig. 1. Netzhaut = Linsenanlage eines 2,5 mm langen Embryos (ROBERT MEYER, Berlin). Der abgebildete Bezirk entspricht dem eingeklammerten Bezirk in der obenstehenden Figur 1.

Fig. 2. Netzhaut = Linsenanlage eines 4,0 mm langen Embryos (GASSER-Marburg). Der abgebildete Bezirk entspricht dem eingeklammerten Bezirk der obenstehenden Figur 2.

Fig. 3. Netzhaut = Linsenanlage eines 4,9 mm langen Embryos (HERTWIG-Berlin). Der abgebildete Bezirk entspricht dem eingeklammerten Bezirk der obenstehenden Figur 3.

Fig. 4. Netzhautperipherie eines 130 mm langen Fötus. (Präp. BACH.)
N = Nervenfaserschicht, *G* = Ganglienzellenschicht, *ik* = innere Körnerschicht, *äk* = äußere Körnerschicht.

Fig. 5. Abschnitt aus der lateralen Netzhauthälfte eines 30 mm langen Fötus. (Präp. SEEFELDER).
N = Nervenfaserschicht, *G* = Ganglienzellenschicht, *äK* = äußere sog. primitive Kernzone.



A. Kirchner gez. Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig


ROYAL LONDON
OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XLVI.

Entwicklung der Netzhaut bei einem Fötus des 3. und einem Fötus vom Ende des 4. Monats.

Tafel XLVI.

Fig. 1. Netzhautzentrum (Gegend der späteren Area centralis) bei einem 65 mm langen Fötus. HELDsche Färbung.

N = Nervenfaserschicht, *G* = Ganglienzellenschicht, *ip* = Innere plexiforme Schicht, *ik* = Innere Körnerschicht, *Z* = Zapfenzellen.

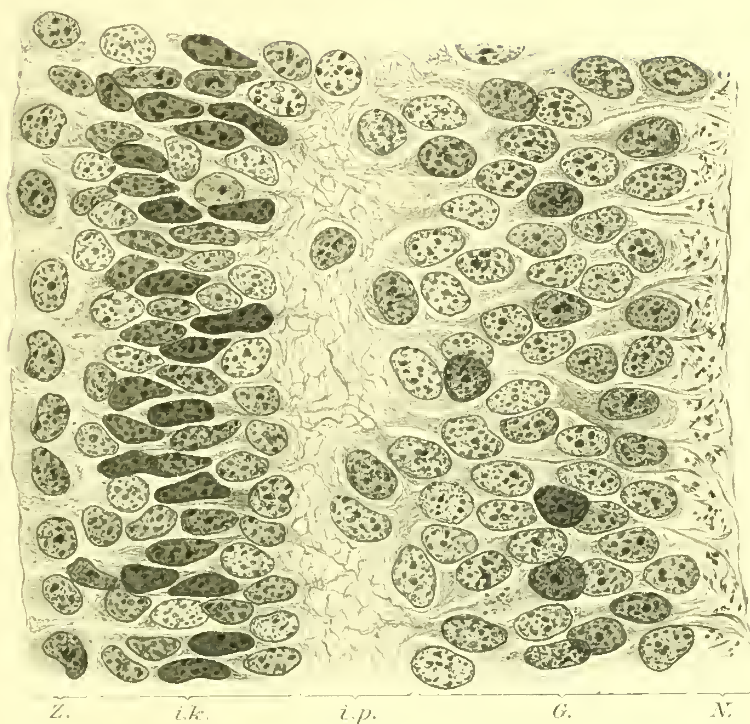
ZEISS Komp. Ok. 6, Apochr. Öl-Immers. 2.

Fig. 2. Netzhautperipherie bei einem 170 mm langen Fötus. HELDsche Färbung. Man beachte den großen Unterschied in der Entwicklung der beiden Retinae. Während in Fig. 1 fast sämtliche Netzhautschichten entwickelt sind, befindet sich die Netzhaut in Fig. 2 noch nahezu auf der gleichen Entwicklungsstufe wie das Netzhautzentrum eines 11,3 mm langen Embryos. (Siehe Tafel XIII Fig. 4.)

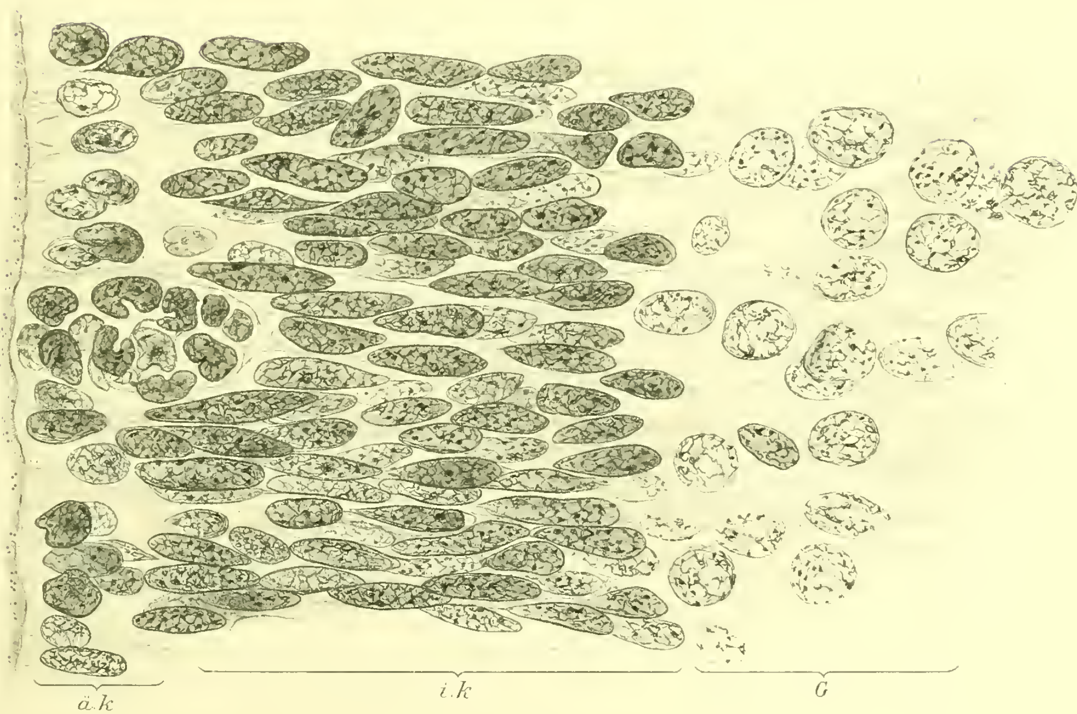
ZEISS Komp. Ok. 12, Apochr. Öl-Immers. 2.

Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.

1.



2.



Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

Tafel XLVII.

Entwicklung der Netzhaut bei Föten des 5. und 6. Monats.

Tafel XLVII.

Fig. 1. Netzhautperipherie bei einem Fötus des 5. Monats.
N = Nervenfaserschicht, *G* = Ganglienzellenschicht, *ip* = innere plexiforme Schicht, *A* = Amakrinen (innere horizontale Zellen), *bZ* = bipolare Zellen einschließlich Kerne der MÜLLERschen Stützfasern, *äK* = äußere Körnerschicht.

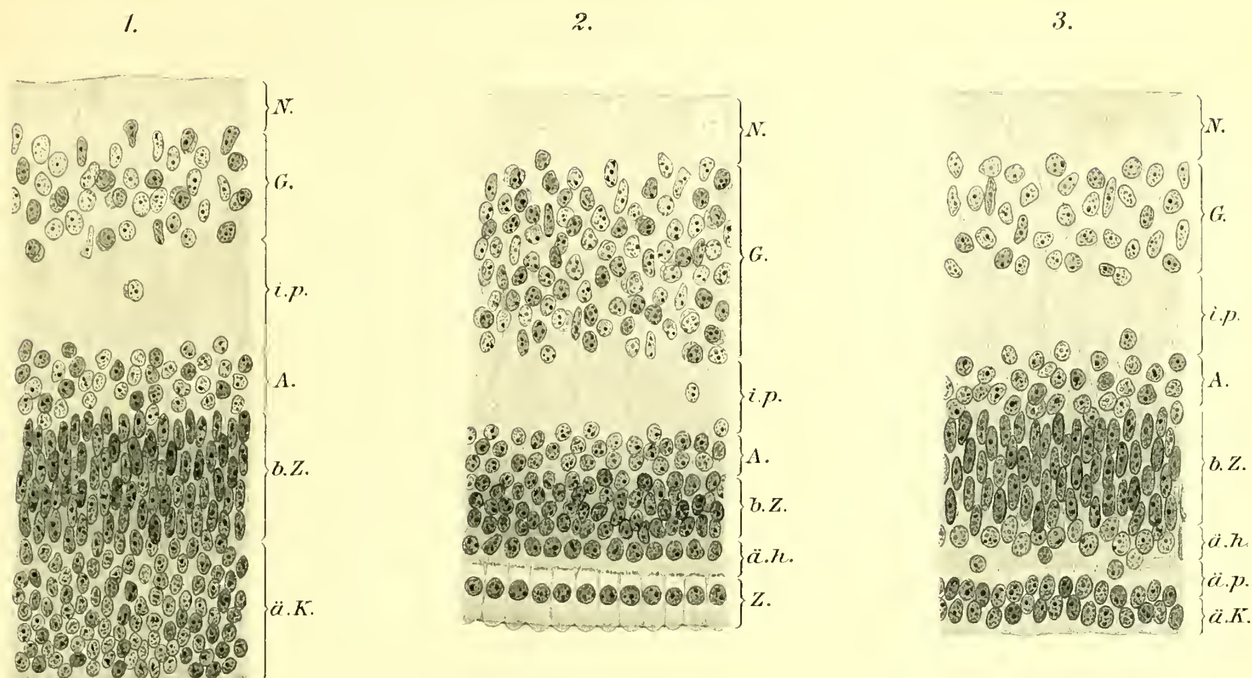
Fig. 2. Netzhautzentrum bei dem gleichen Fötus wie in Fig. 1.
äh = äußere horizontale Zellen, *Z* = Zapfenzellen.

Fig. 3. Parazentrale Netzhautpartien bei dem gleichen Fötus wie in Fig. 1.
äp = äußere plexiforme Schicht.
Die Fig. 1=3 sind etwas schematisch gezeichnet.

Fig. 4. Fovea centralis bei einem 300 mm langen Fötus.
fc = Fovea centralis.

Fig. 5. Laterale Netzhauthälfte bei einem Fötus des 5. Monats.
ac = Area centralis.

Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.



4.

f.c.

5.

a.c.

Fig 1-3 A. Kirchner, Fig. 4-5. A Fiedler gez.

Verlag v Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.

Lith. Anst v E.A Funke Leipzig


ROYAL LONDON
OPHTHALMIC
HOSPITAL

Tafel XLVIII.

Fig. 1—3. Zapfenzellen aus dem Netzhautzentrum eines 65 mm langen Fötus.

Fig. 4. Zapfenzellen aus dem Netzhautzentrum eines 80 mm langen Fötus.

Fig. 5. Zapfenzellen aus dem Netzhautzentrum eines 345 mm langen Fötus.

Fig. 6. Zapfenzellen aus den parazentralen Netzhautpartien eines 345 langen Fötus.

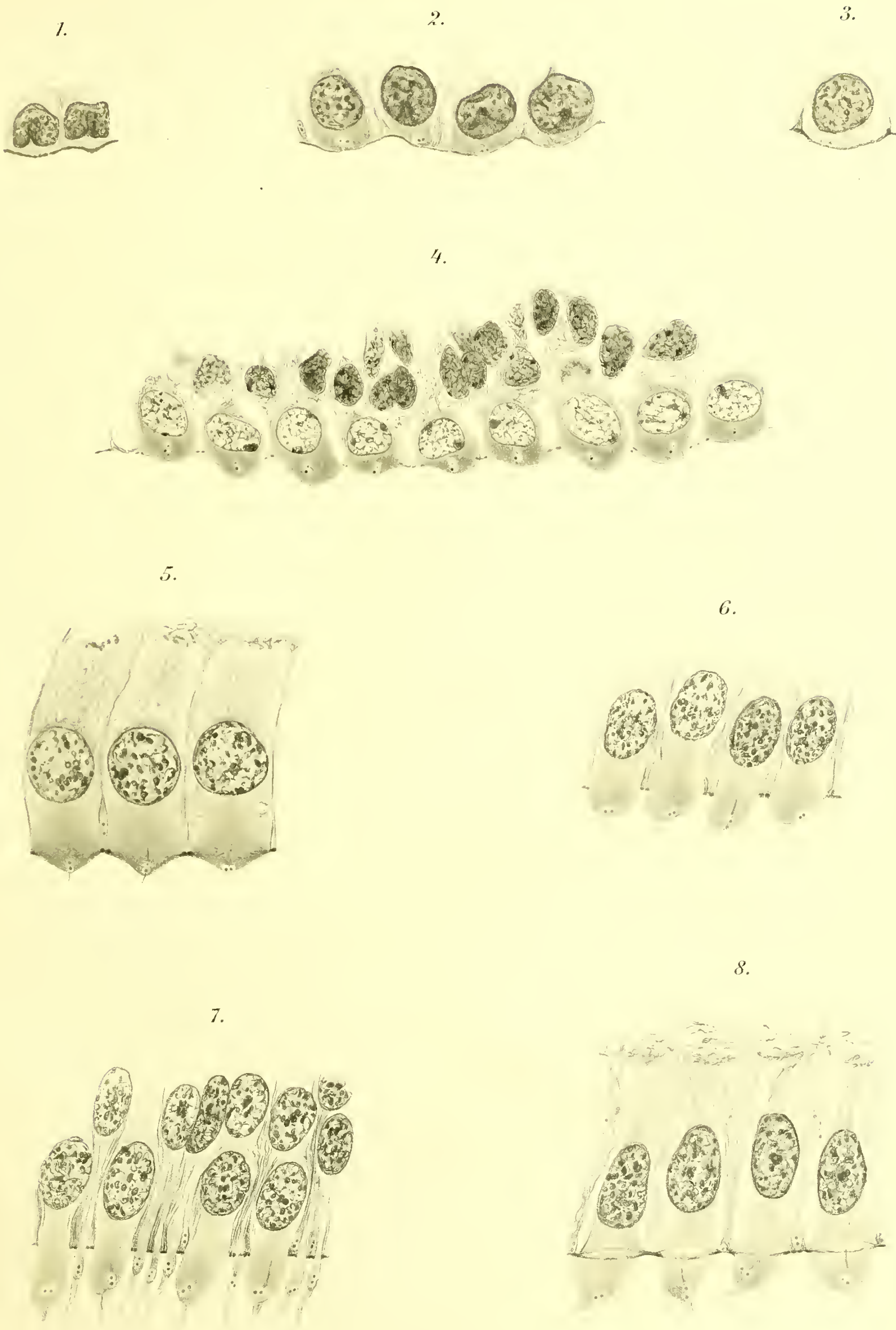
Fig. 7. Zapfen- und Stäbchenzellen aus den parazentralen Netzhautpartien eines 345 mm langen Fötus.

Fig. 8. Zapfenzellen aus dem Netzhautzentrum eines 420 mm langen Fötus.

Sämtliche Präparate im Besitze SEEFELDERS.
Färbung nach HELD.
Vergrößerung 1 : 1000.

Tafel XLVIII.

Entwicklung der Zapfen und Stäbchen bei Föten des 3.—6. Monats.



Kirchner, Fig. 4. A. Fiedler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.
Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig.

Tafel XLIX.

Fig. 1. Netzhautzentrum eines Fötus des 5. Monats.
Fig. 2. Netzhautzentrum eines Fötus des 6.—7. Monats (345 mm Länge).
Fig. 3—4. Netzhautzentrum von Föten des 8. Monats (420 mm Länge).
Fig. 5. Netzhautzentrum eines Neugeborenen (Präp. WOLFRUM).
Fig. 6. Netzhautzentrum eines 8 Wochen alten Kindes.
Fig. 7. Netzhautzentrum eines 16 Wochen alten Kindes.
Fig. 8. Netzhautzentrum eines Erwachsenen.
Fig. 2a. Fovea centralis eines 345 mm langen Fötus (Fig. 2).
I = Pigmentepithel, *III* = Membrana limitans externa, *IV* = Schicht der Zapfen, *V* = äußere plexiforme Schicht, *f* = MÜLLERsche Radiärfasern, *c* = äußere horizontale Zellen, *VI* = bipolare Zellen, *d* = Kerne der MÜLLERschen Radiärfasern, *e* = innere horizontale Zellen, *VII* = innere plexiforme Schicht, *VIII* = Ganglienzellenschicht, *X* = Nervenfaserschicht.
Fig. 2b. Parazentraler Bezirk bei einem 345 mm langen Fötus (vgl. Fig. 2).
II = Schicht der Stäbchen und Zapfen, *a* = Außenglieder, *b* = Innenglieder. Übrige Abkürzungen wie unter 2a.
Fig. 5a. Zentralzapfen beim Neugeborenen (WOLFRUM).
Fig. 6a. Zentralzapfen bei einem 8 Wochen alten Kinde.
Fig. 7a. Zentralzapfen bei einem 16 Wochen alten Kinde.
Fig. 8a. Zentralzapfen bei einem Erwachsenen.

Die Fig. 5a bis 8a sind schematisch gezeichnet.

Sämtliche Präparate außer 5 und 5a im Besitze SEEFELDERS.

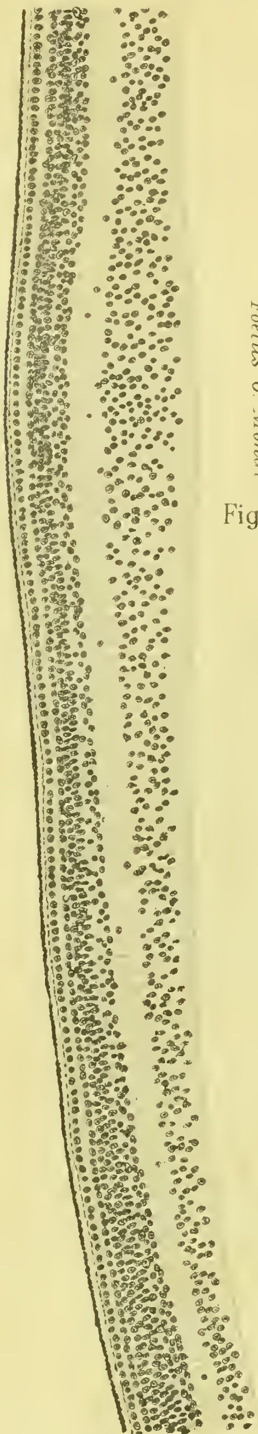


Fig. 1.

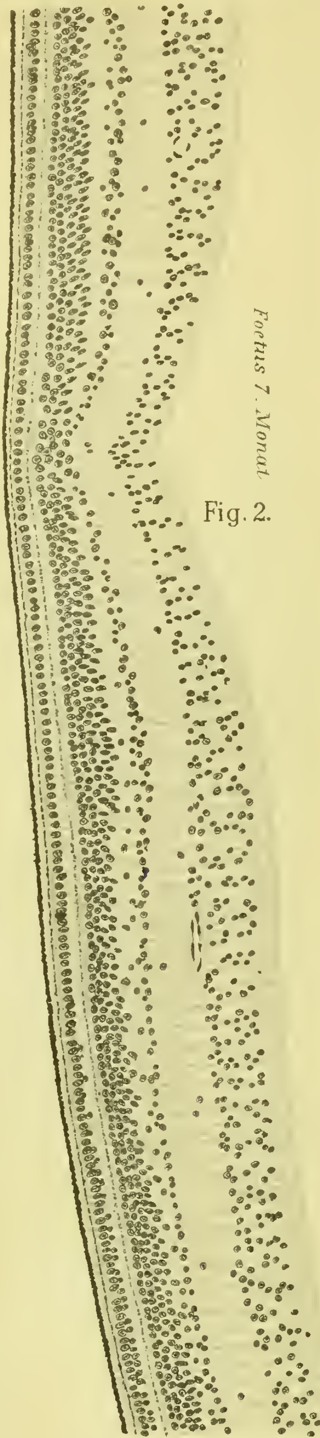


Fig. 2.



Fig. 3.

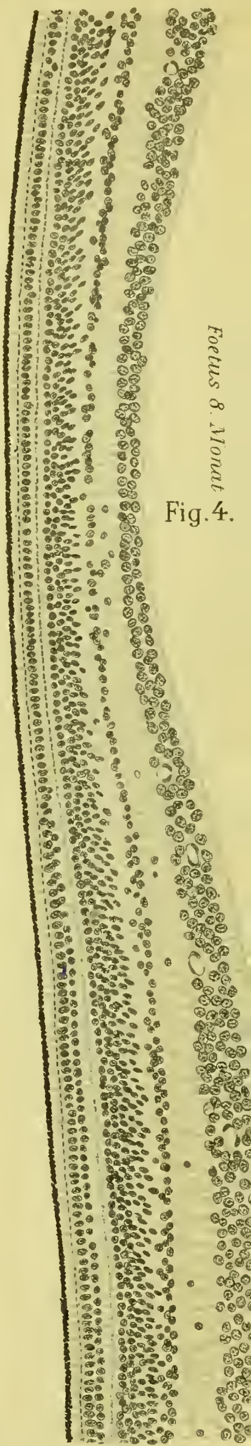
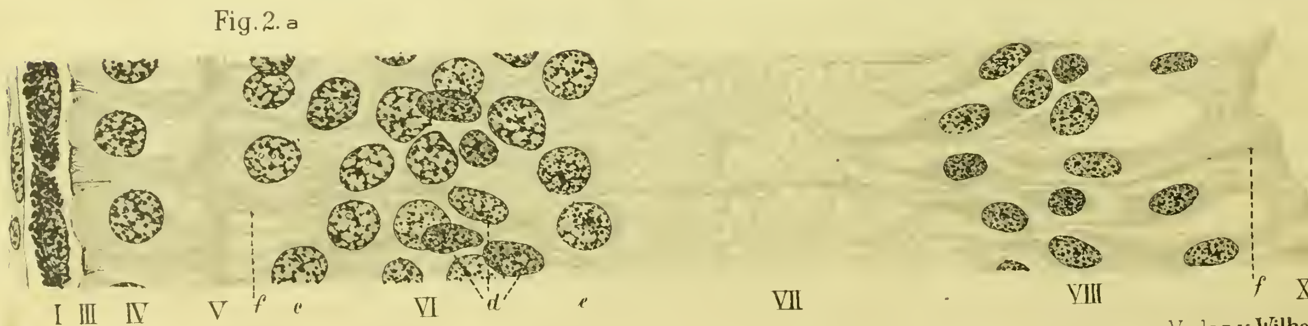


Fig. 4.

Fig. 2. a



Kirchner gez. u. lith.

Verlag v. Wilhel

5 Neugeboren

Fig. 6. Kind 8 Wochen

Fig. 7. Kind 16 Wochen

Fig. 8. Erwachsen

Fig. 5 a

Fig. 6. a

Fig. 7. a

Fig. 8. a

Fig. 2. b



Foetus 7. Monat (parazentral)

n.

Druck v M Neubauer, Leipzig.



Tafel L.

Entwicklung des Pigmentepithels.

Tafel L.

Fig. 1. Pigmentepithel bei einem 4,9 mm langen Embryo (E. HERTWIG, Berlin).
Vergrößerung 1 : 1500.

Fig. 2—5. Pigmentepithel bei einem 6,5 mm langen Embryo.
Vergrößerung 1 : 1500.

Fig. 6. Pigmentepithel bei einem 8 mm langen Embryo.
Vergrößerung 1 : 1500.

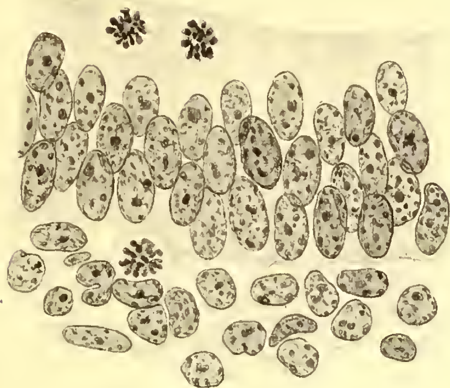
Fig. 7. Pigmentepithel im hinteren Augenabschnitt eines 28 mm langen Embryos.
Vergrößerung 1 : 1500.

Fig. 8. Pigmentepithel in der Nähe des Umschlagrandes eines 28 mm langen Embryos.
Vergrößerung 1 : 1500.

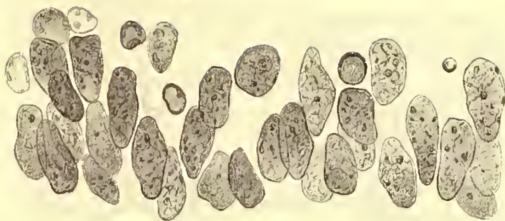
Fig. 9. Pigmentepithel im hinteren Augenabschnitt eines 345 mm langen Fötus.
Vergrößerung 1 : 1500.

Sämtliche Präparate außer 1 im Besitze SEEFELDERS.

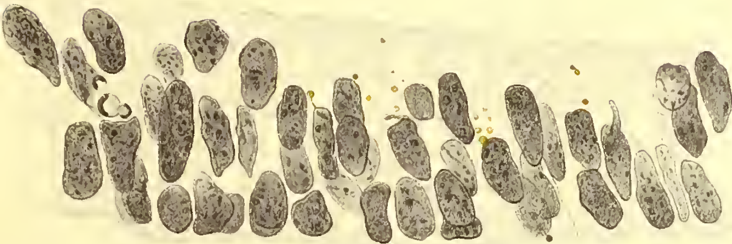
1.



2.



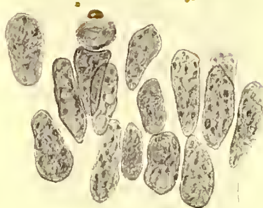
3.



4.



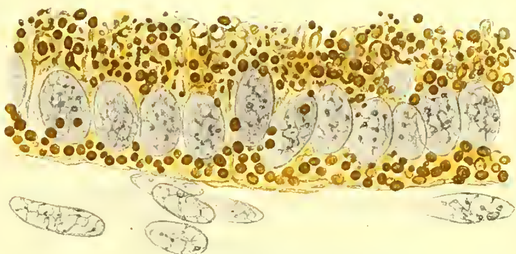
5.



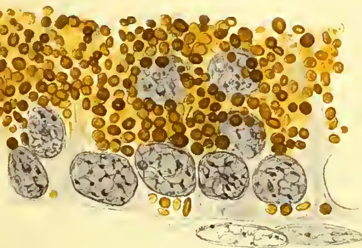
6.



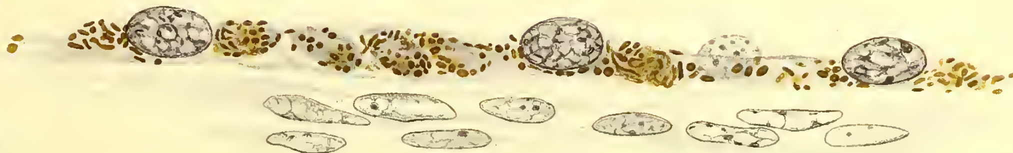
7.



8.



9.



irchner, Fig 4-5. A Fiedler gez.

Verlag v. Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin

Lith Anst.v.E.A.Funke, Leipzig.

